

# REGIONE SARDEGNA

Provincia di Sassari

COMUNE DI CALANGIANUS



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
01	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	10/05/2024	FURNO C.	BELFIORE G.	FURNO C.
00	EMISSIONE PER COMMENTI	12/04/2024	FURNO C.	BELFIORE G.	FURNO C.

Committente:		 <p><b>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L.</b> P.I. 17264911003 Via Savoia 78 00198 Roma</p>			
<b>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L.</b> Sede Legale: Via Savoia n. 78 – 00198 – Roma (RM) – Italia PEC: aeiwindprojectxvi@legalmail.it		Società di Progettazione: <i>Ingegneria &amp; Innovazione</i>		Progettista/Resp. Tecnico:	
 <p>Via Jonica, 16 – Loc. Belvedere 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409 Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it</p>		Dott. Ing. Cesare Furno Ordine degli Ingegneri della Provincia di Catania n° 6130 sez. A			
Progetto:					
IMPIANTO EOLICO TEMPIO II					
Tavola:					
RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")					
Scala:	Nome DIS/FILE:	Allegato:	F.to:	Livello:	
—:—	C 23046S05-VA-RT-09-01	1/1	A4	DEFINITIVO	
Il presente documento è di proprietà della ANTE GROUP S.r.l. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.					
				  	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CONSIDERAZIONI GENERALI</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>IL CASO STUDIO</b> .....	<b>7</b>
4.1	DESCRIZIONE DEGLI AEROGENERATORI E CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE DI POSIZIONE .....	7
4.2	ANALISI DEI RECETTORI .....	8
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO IN "WORST CASE" DELLO SHADOW FLICKERING</b> .....	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>RISULTATI DI CALCOLO DEL CASO "WORST CASE"</b> .....	<b>24</b>
6.1	ANALISI DEI RISULTATI PER SINGOLO RICETTORE (WORST CASE).....	26
6.2	ANALISI DEI RISULTATI PER SINGOLO AEROGENERATORE (WORST CASE) .....	44
<b>7</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO "REAL CASE" DELLO SHADOW FLICKERING</b> .....	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>RISULTATI DI CALCOLO NEL CASO "REAL CASE"</b> .....	<b>66</b>
8.1	ANALISI DEI RISULTATI "REAL CASE" .....	68
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>80</b>

 <p><b>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L.</b> P.I. 17264911003 Via Savoia 78 00198 Roma</p>	<p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>	 <p><b>Antex</b> group Ingegneria &amp; Innovazione</p> <table border="1" data-bbox="1137 253 1453 295"> <tr> <td>10/05/2024</td> <td>REV: 1</td> <td>Pag.3</td> </tr> </table>	10/05/2024	REV: 1	Pag.3
10/05/2024	REV: 1	Pag.3			

## 1 PREMESSA

Per conto della società proponente, AEI WIND PROJECT XVI S.R.L., società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di ABEI ENERGY & INFRASTRUCTURE S.L., dedicata allo sviluppo, realizzazione e gestione per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, la società Antex Group S.r.l. ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato Impianto eolico "Tempio II" da realizzarsi nel territorio del Comune di Calangianus, appartenente alla provincia di Sassari. Il progetto prevede l'installazione di n. 6 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno, per una potenza complessiva pari a 39,6 MW. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete elettrica nazionale tramite la posa di un cavidotto interrato su strade esistenti e la realizzazione di una nuova cabina utente per la consegna collegata in antenna a 36 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" (prevista dal Piano di sviluppo Terna) da collegare, tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV, a una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN di Codrongianos.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl. Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

Antex Group pone a fondamento delle proprie attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

 <p>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L. P.I. 17264911003 Via Savoia 78 00198 Roma</p>	<p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>		 <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p>
	10/05/2024	REV: 1	

## 2 CONSIDERAZIONI GENERALI

Il presente elaborato ha lo scopo di valutare e stimare l'eventuale impatto generato dall'effetto di "shadow flickering" derivante dall'evoluzione dell'ombra per il presente progetto, il quale prevede l'installazione di aerogeneratori del tipo SG6.6-170 (AM-2, 6,6 MW) 50/60Hz per un'altezza totale al tip di circa 240 m, aventi un diametro rotore di 170 m (lunghezza massima della pala di 83,5 m) e un'altezza al mozzo di 155 m.

Lo *shadow flickering* è l'espressione comunemente impiegata in ambito specialistico per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici quando sussistono le condizioni meteorologiche opportune; infatti, la possibilità e la durata di tali effetti dipendono da una serie di condizioni ambientali, tra cui:

- la posizione del sole;
- l'ora del giorno;
- il giorno dell'anno;
- le condizioni atmosferiche ambientali;
- la posizione della turbina eolica rispetto ad un ricettore sensibile.

La valutazione tecnica dell'effetto è stata eseguita con l'ausilio di software certificato e specifico per la progettazione di impianti eolici costituiti da moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una serie di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Nel caso specifico è stato utilizzato il software licenziato **WindPro 4.0** della EMD International A/S.

Nella presente relazione è riportata:

- una breve descrizione tecnica del fenomeno di *shadow flickering*;
- la descrizione del caso studio con le posizioni delle turbine e loro caratteristiche tecniche;
- la descrizione e l'analisi dei ricettori soggetti al fenomeno;
- la sintesi della metodologia di analisi seguita per lo studio sia in "Worst Case" sia in "Real Case";
- la sintesi dei risultati ottenuti, con allegati grafici e analitici di dettaglio che descrivono il fenomeno su ognuno dei ricettori da parte di ognuna delle turbine per tutto l'anno solare.

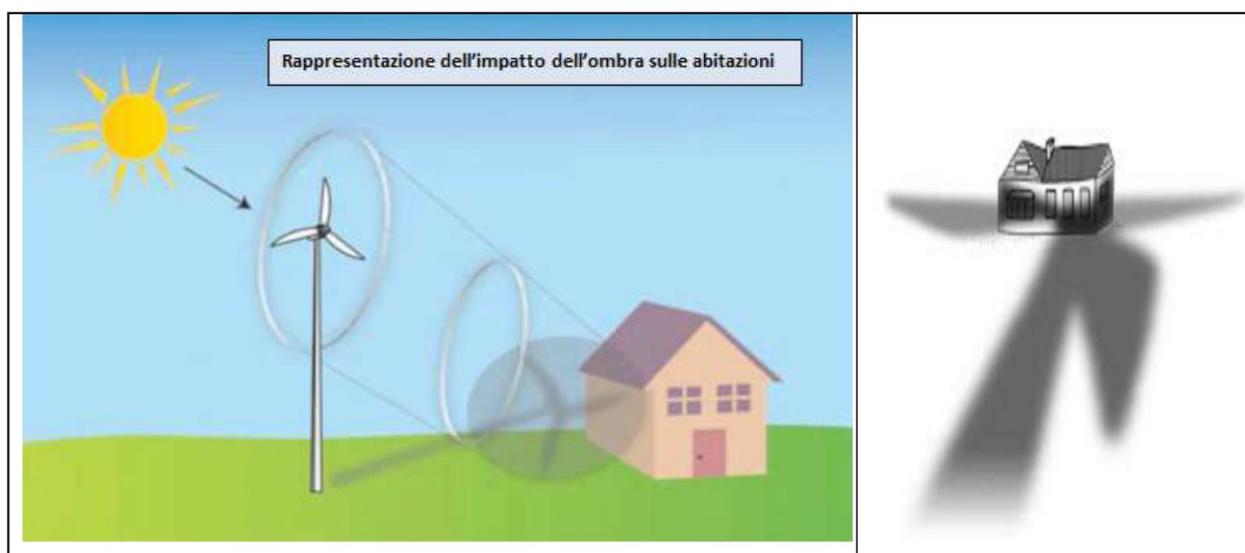
## 3 CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI

Lo "*shadow flickering*" (letteralmente "ombreggiamento intermittente") è l'espressione comunemente impiegata per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici allorché il sole si trova alle loro spalle (fig. 1).

Il fenomeno si manifesta come una variazione alternata di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso. Il fenomeno, ovviamente, risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o nebbia, sia quando, in assenza di vento, le pale del generatore non sono in

rotazione.

In particolare, le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2,5 ed i 20 Hz (*Verkuijlen and Westra, 1984*), e l'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa di una lampada ad incandescenza a causa di continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.



**Figura 1** Rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flickering

Una velocità di rotazione del rotore di circa 35 giri al minuto corrisponde ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale di circa 1,75 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2,5 Hz. I più recenti aerogeneratori tripala di grande potenza (dai 5-6 MW in su) operano ad una velocità di rotazione sensibilmente inferiore, nel caso in oggetto addirittura ci si ferma a circa 8,8 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui: in termini di impatto sulla popolazione, tali frequenze sono considerate innocue. Inoltre, a livello internazionale, è universalmente accettato che frequenze inferiori a 10 Hz non hanno alcuna correlazione con attacchi di natura epilettica.

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore (abitazione, chiesa, scuola, ufficio, opificio o più comunemente fabbricato ove si svolgono attività umane), così come la direzione del vento risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di *shadow flickering*. Per distanze superiori ai 500 m, con i moderni aerogeneratori di grandi dimensioni, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi verosimilmente all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe e poco definite per effetto della poca elevazione solare. Al di là di una certa distanza, che dipende dalla tipologia di aerogeneratore ma che in genere non supera i 1000 m, l'ombra addirittura smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro del sole diventa molto piccolo e il fenomeno impercettibile. Quindi, in generale, l'area entro la quale è percepibile lo *shadow flickering* non si estende oltre i 500÷1.000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono solitamente entro i 300 m, dove la durata del fenomeno è

 <p>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L. P.I. 17264911003 Via Savoia 78 00198 Roma</p>	<p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>		 <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p>
	10/05/2024	REV: 1	

dell'ordine delle 300 ore all'anno.

Pertanto, come è facile immaginare, la condizione maggiormente penalizzante corrisponde al caso in cui il ricettore si trova a breve distanza dall'aerogeneratore e 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 al rotore del generatore eolico.

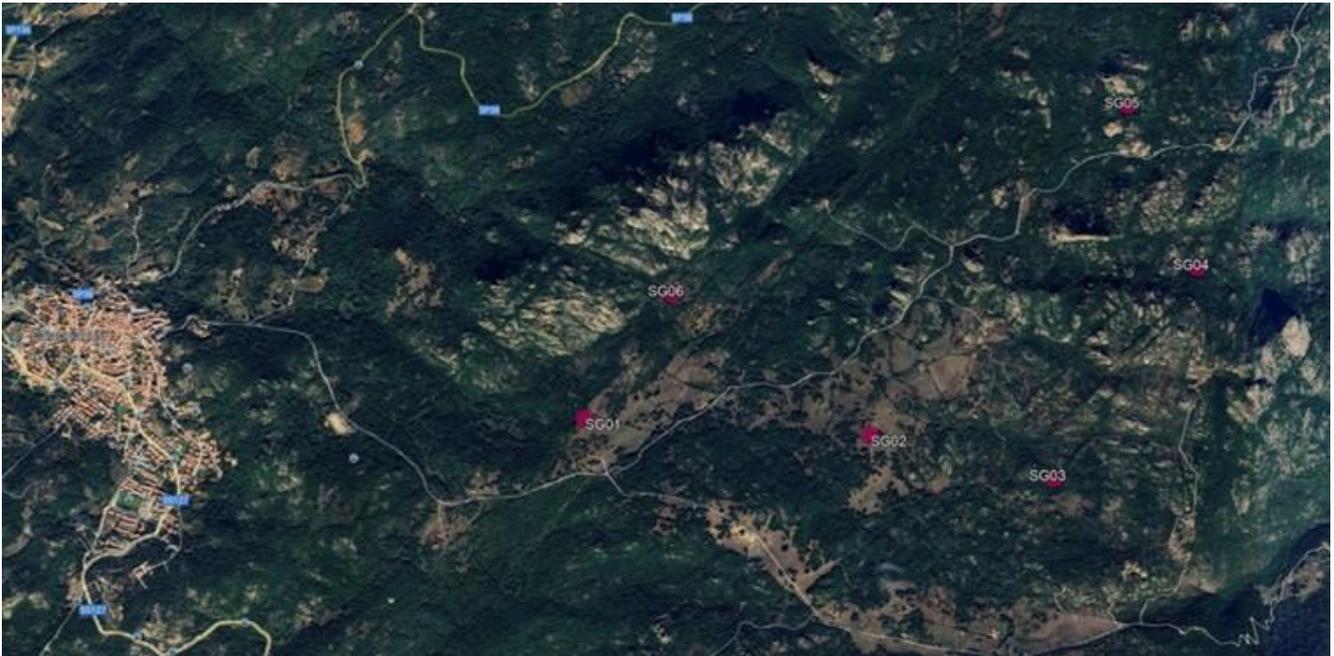
L'intensità del fenomeno è definita come la differenza di luminosità che si percepisce in presenza ed in assenza di *flickering* in una data posizione.

In generale, si può affermare che:

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

#### 4 IL CASO STUDIO

Nello specifico, il presente elaborato ha lo scopo di valutare l'eventuale impatto generato dall'evoluzione dell'ombra dei 6 aerogeneratori proposti per una futura potenza complessiva del parco eolico di circa 39,6 MW.



**Figura 2** Inquadramento degli aerogeneratori proposti su immagine satellitare (Google Earth Pro)

L'area oggetto del presente sviluppo progettuale si presenta a carattere prettamente collinare, con il suolo che evidenzia una variabilità topografica ed altimetrica abbastanza articolata per tutta la sua estensione. L'elevazione dell'area di installazione del parco eolico varia dai 600 m ai 690 m s.l.m circa.

##### 4.1 Descrizione degli aerogeneratori e caratteristiche geografiche di posizione

Il modello di turbina candidato ad essere utilizzato nel presente progetto è del tipo SG6.6-170 (AM-2, 6,4 MW) per un'altezza al tip non superiore ai 200 m e presenta le seguenti caratteristiche:

Altezza al Mozzo	155 m
Diametro Rotore	170 m
Lunghezza singola Pala	83,5 m
Area Spazzata	22.698 m <sup>2</sup>
Numero Pale	3
Senso di Rotazione	Orario

Velocità di Rotazione Max a regime del Rotore	8,8 rpm
Potenza Nominale Turbina	6,6 MW
Cut-Out	25 m/s
Cut-in	3 m/s

L'effetto di *shadow flickering* è ovviamente tanto più importante quanto più grande è il diametro del rotore della turbina. La disposizione prevista per i 6 aerogeneratori oggetto di studio è riportata nella tabella sottostante in coordinate UTM WGS84.

**Tabella 1** Coordinate degli 11 aerogeneratori oggetto di studio.

Turbine	Easting	Northing
SG01	518815.70 m E	4529730.34 m N
SG02	520204.00 m E	4529653.00 m N
SG03	521086.00 m E	4529445.00 m N
SG04	521818.00m E	4530485.00 m N
SG05	521512.84 m E	4531320.88 m N
SG06	519232.00 m E	4530350.00 m N

## 4.2 Analisi dei recettori

Di seguito verranno identificati ed analizzati quei ricettori che presentano caratteristiche tali da poter essere considerati "sensibili" al fenomeno dello *shadow flickering*.

L'individuazione iniziale dei ricettori ha riguardato l'individuazione di tutti i fabbricati presenti nel territorio e regolarmente censiti al Catasto Fabbricati nell'intorno della fascia di distanza di 1500 m con centro da ogni aerogeneratore, come elencato nella seguente tabella:

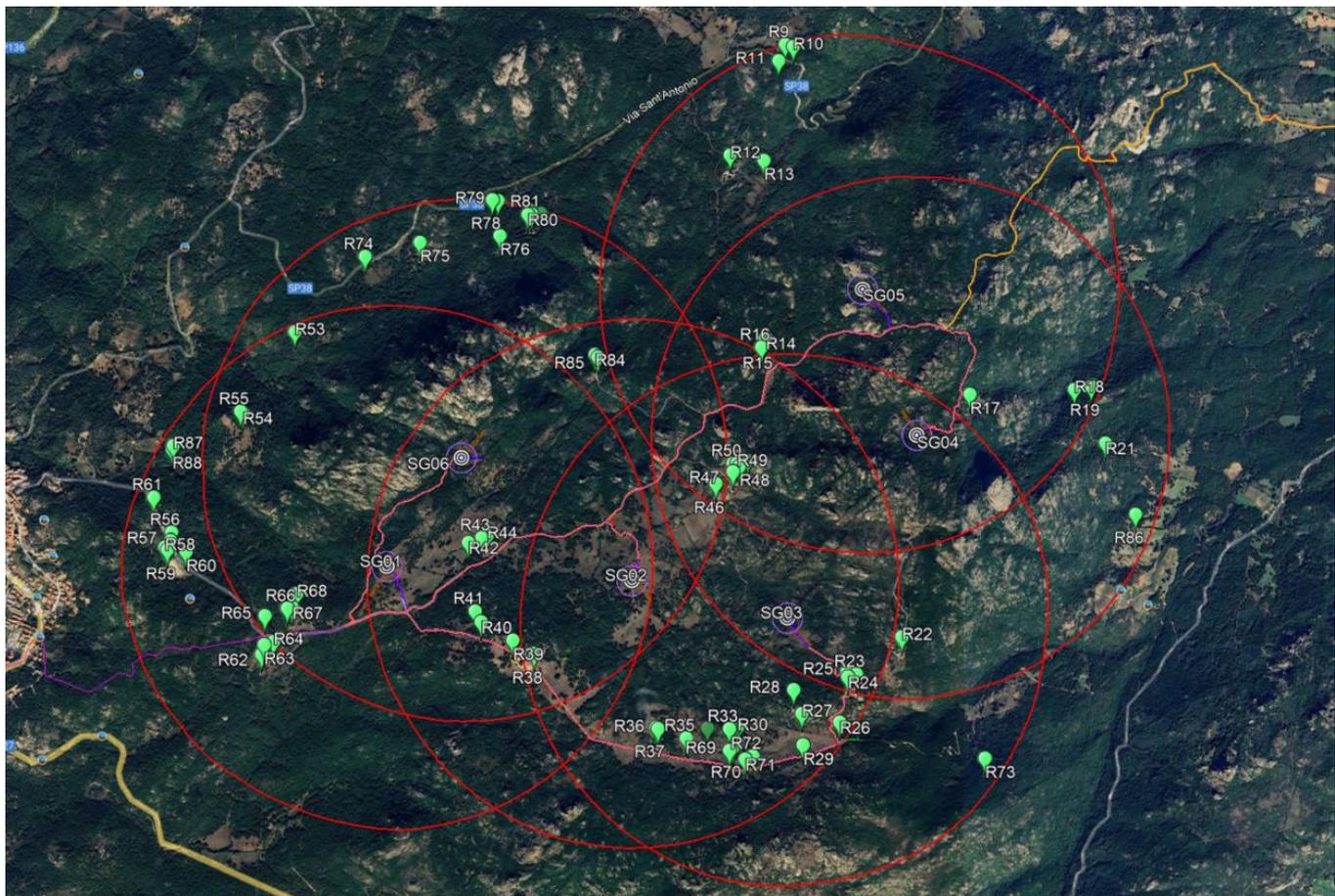
**Tabella 2** Elenco ricettori regolarmente censiti nel raggio di circa 1500 m dagli aerogeneratori di progetto

CODICE RICETTORE	COMUNE	MAPPALE	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	BUFFER (m)
R9	CALANGIANUS	33	44	A04	1500
R10	CALANGIANUS	33	45	A04	1500
R11	CALANGIANUS	33	84	C02	1500
R12	CALANGIANUS	33	89	F03	1500
R13	CALANGIANUS	33	86	F02	1500
R14	CALANGIANUS	33	96	F02	1500
R15	CALANGIANUS	33	102	C02	1500
R16	CALANGIANUS	33	104	C02	1500
R17	CALANGIANUS	38	164	C02	1500
R18	CALANGIANUS	38	3	FABB DIRUTO	1500
R19	CALANGIANUS	38	36	AREA FAB DM	1500
R20	CALANGIANUS	38	5	FABB RURALE	1500
R21	CALANGIANUS	38	154	A04	1500
R22	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R23	CALANGIANUS	37	115	A02/C02	1500
R24	CALANGIANUS	37	116	A03	1500
R25	CALANGIANUS	37	113	A03	1500
R26	CALANGIANUS	37	100	A04	1500
R27	CALANGIANUS	37	120	D10	1500
R28	CALANGIANUS	37	165	A04	1500
R29	CALANGIANUS	37	17	FABB RURALE	1500
R30	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R31	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R32	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R33	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R34	CALANGIANUS	37	134	A03	1500
R35	CALANGIANUS	37	118	C02	1500
R36	CALANGIANUS	37	155	C02	1500
R37	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R38	CALANGIANUS	37	140	D10	1500
R39	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R40	CALANGIANUS	37	62	C06	1500
R41	CALANGIANUS	37	138	A03	1500
R42	CALANGIANUS	32	137	D10	1500
R43	CALANGIANUS	32	136	D10	1500
R44	CALANGIANUS	32	135	D10	1500



R45	CALANGIANUS	32	180	D10	1500
R46	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R47	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R48	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R49	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R50	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R51	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R52	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R53	CALANGIANUS	32	181	C02	1500
R54	CALANGIANUS	32	42	PARTICELLA DIVISA	1500
R55	CALANGIANUS	32	155	D10	1500
R56	CALANGIANUS	47	693	PASCOLO ARB	1500
R57	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R58	CALANGIANUS	47	549	C02	1500
R59	CALANGIANUS	47	548	A04	1500
R60	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R61	CALANGIANUS	47	687	C02	1500
R62	CALANGIANUS	47	568	D10	1500
R63	CALANGIANUS	47	569	A04	1500
R64	CALANGIANUS	47	567	D10	1500
R65	CALANGIANUS	32	133	D01	1500
R66	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	1500
R67	CALANGIANUS	32	141	C02/C06	1500
R68	CALANGIANUS	32	140	C06	1500
R69	CALANGIANUS	48	51	C06	1500
R70	CALANGIANUS	37	131	C02	1500
R71	CALANGIANUS	48	55	A03/C02	1500
R72	CALANGIANUS	48	53	A03	1500
R73	CALANGIANUS	49	14	FABB DIRUTO	1500
R74	CALANGIANUS	32	167	A03	1500
R75	CALANGIANUS	32	139	A04	1500
R76	CALANGIANUS	32	157	A04	1500
R77	CALANGIANUS	32	176	Soppressa	1500
R78	CALANGIANUS	32	142	A04	1500
R79	CALANGIANUS	32	163	F02	1500
R80	CALANGIANUS	32	14	FABB DIRUTO	1500
R81	CALANGIANUS	32	173	C02	1500
R82	CALANGIANUS	32	175	C02	1500
R83	CALANGIANUS	32	11	AREA FAB DM	1500
R84	CALANGIANUS	33	97	F02	1500
R85	CALANGIANUS	33	63	A04/D10	1500

R86	CALANGIANUS	38	203	D10	1500
R87	CALANGIANUS	31	424	F02	1500
R88	CALANGIANUS	31	423	F02	1500



**Figura 3** *Disposizione dei ricettori (tabella 2) rispetto le Turbine con relativi buffer di 1500 metri*

Il numero dei potenziali ricettori, individuati nell'intorno degli aerogeneratori, può sembrare elevato in quanto l'area sulla quale è localizzato l'impianto è vasta e gli aerogeneratori si trovano a considerevole distanza l'uno dall'altro.

Molti paesi del nord Europa, rifacendosi alle European Best Practice Guidelines for Wind Energy Development, hanno legiferato in materia di ricettori sensibili al fenomeno dello Shadow Flickering, in quanto la posizione geografica e le condizioni climatiche sono tali da dover attenzionare scrupolosamente la problematica e il potenziale impatto. Per l'Italia, essendo a una latitudine inferiore rispetto a Danimarca, Svezia e Germania, il fenomeno è meno impattante se non addirittura presente solamente in specifici periodi dell'anno e per alcuni minuti alle prime ore dell'alba e del tramonto. In letteratura, già a 300 m di distanza dall'aerogeneratore il fenomeno dello shadow flickering risulta essere "poco impattante" per i ricettori, oltre al ruolo importante di barriera assoluto dagli ostacoli presenti nel territorio quali alberature e altri confini naturali che determinano la morfologia del territorio.

 <p>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L. P.I. 17264911003 Via Savoia 78 00198 Roma</p>	<p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>	 <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p> <table border="1" data-bbox="1129 248 1487 297"> <tr> <td>10/05/2024</td> <td>REV: 1</td> <td>Pag.12</td> </tr> </table>	10/05/2024	REV: 1	Pag.12
10/05/2024	REV: 1	Pag.12			

La definizione di ricettore sensibile, sebbene non esplicitamente richiamata all'interno dei documenti legislativi e normativi, è a tutti gli effetti entrata a far parte del glossario delle tematiche ambientali.

Per ricettore sensibile si intende uno specifico luogo (area particolarmente protetta quale un parco cittadino, un'area oggetto di continua e assidua frequentazione da parte di persone per almeno 4 ore giornaliere spesso inserita in un particolare contesto storico-culturale) o una specifica struttura (scuola, ospedale, edificio residenziale, ecc.) presso i quali è individuabile una posizione significativa di immissione di disturbo.

Inoltre, il ricettore è definito tale se un'immissione di qualsiasi tipo o natura può potenzialmente recare un danno ad un individuo che dovrà permanere in quel luogo per almeno 4 ore giornaliere.

Oltre alle considerazioni appena esposte, una prima selezione dei ricettori è stata fatta seguendo le indicazioni di chi ha già legiferato in materia come, in questo caso, la Regione Sardegna (Allegato "e." alla Delib. G.R. n. 59/90 del 27.11.2020) tenendo conto della loro destinazione d'uso e loro distanza dalle posizioni previste per le turbine, e cioè:

- 300 m da corpi aziendali ad utilizzazione agro-pastorale in cui sia accertata la presenza continuativa di personale in orario diurno (h. 6.00 – h. 22.00);
- 500 m da corpi aziendali ad utilizzazione agro-pastorale in cui sia accertata la presenza continuativa di personale in orario notturno (h. 22.00 – 6.00), o case rurali ad utilizzazione residenziale di carattere stagionale;
- 700 m da nuclei e case sparse nell'agro, destinati ad uso residenziale, così come definiti all'art. 82 delle NTA del PPR.

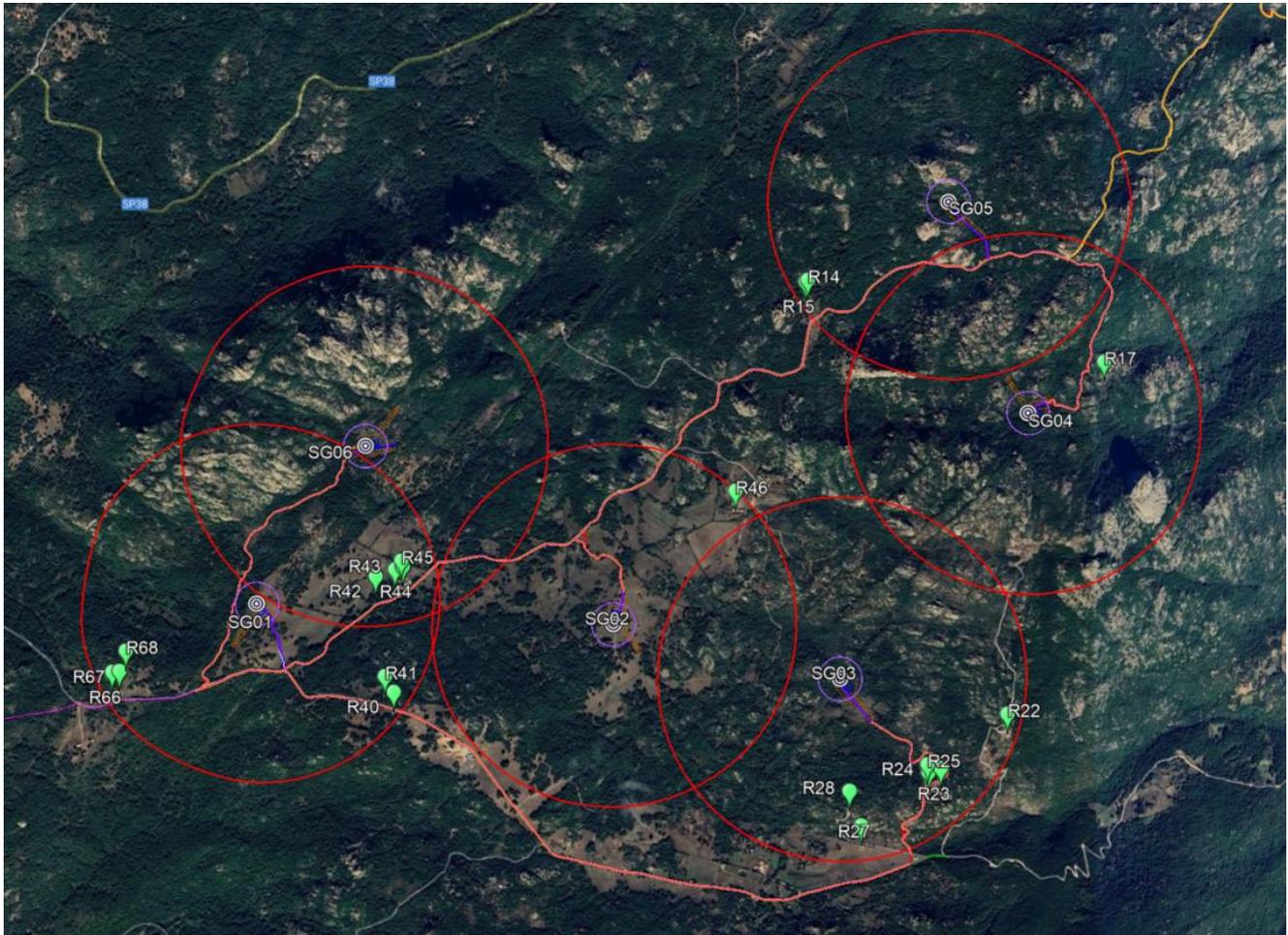
e la Regione Basilicata (PIEAR - Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale della Regione Basilicata) dove si assumono come ricettori sensibili, ai fini della valutazione, rispettivamente:

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

Sulla base delle considerazioni appena fatte, dalla tabella 2 sono stati eliminati tutti quei ricettori oltre i 700 m dall'aerogeneratore più vicino, in modo da restringere il campo sui ricettori indagati in fase di site visit:

**Tabella 3** *Elenco delle strutture candidate a ricettori sensibili con buffer di appartenenza dall'aerogeneratore più vicino*

CODICE RICETTORE	COMUNE	MAPPALE	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	WTG DI INFLUENZA	BUFFER WTG (300, 500, 700m)
R14	CALANGIANUS	33	96	F02	S05	700
R15	CALANGIANUS	33	102	C02	S05	700
R17	CALANGIANUS	38	164	C02	S04	500
R22	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	S03	700
R23	CALANGIANUS	37	115	A02/C02	S03	700
R24	CALANGIANUS	37	116	A03	S03	700
R25	CALANGIANUS	37	113	A03	S03	700
R27	CALANGIANUS	37	120	D10	S03	700
R28	CALANGIANUS	37	165	A04	S03	500
R40	CALANGIANUS	37	62	C06	S01	700
R41	CALANGIANUS	37	138	A03	S01	700
R42	CALANGIANUS	32	137	D10	S01	500
R43	CALANGIANUS	32	136	D10	S01-S06	700
R44	CALANGIANUS	32	135	D10	S01-S06	700
R45	CALANGIANUS	32	180	D10	S01-S06	700
R46	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	S02	700
R66	CALANGIANUS			NON PRESENTE IN MAPPA	S01	700
R67	CALANGIANUS	32	141	C02/C06	S01	700
R68	CALANGIANUS	32	140	C06	S01	700

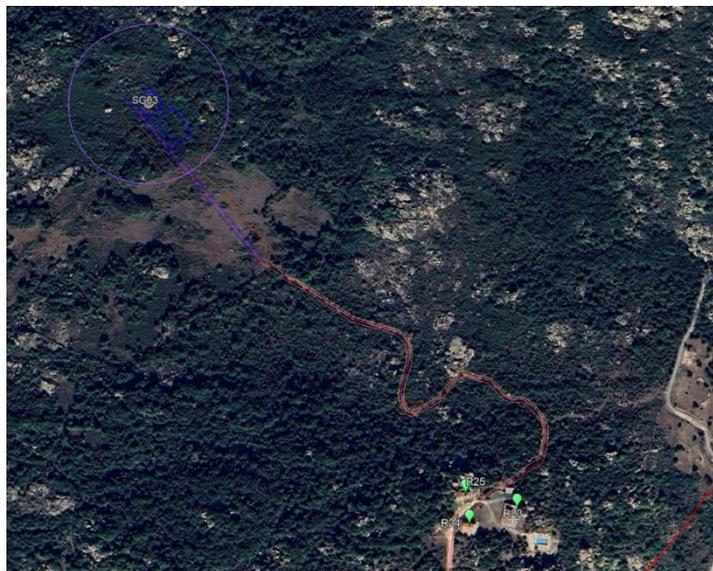


**Figura 4** *Disposizione dei ricettori (tabella 3) rispetto le Turbine con relativi buffer di 700 metri*

Dopo un'attenta ricognizione sui luoghi, si è potuto constatare la corrispondenza catastale dei ricettori potendo ridurre ulteriormente la lista precedente depurandola dai ricettori classificati e utilizzati come magazzini e/o deposito attrezzi o quei fabbricati ormai diruti e classificati come tali. Inoltre, nei casi in cui si hanno più fabbricati raggruppati in un'unica area, per semplicità di calcolo, si è deciso di analizzare il ricettore ipoteticamente più esposto al possibile effetto shadow e come di seguito meglio esplicitato.

I ricettori R23, R24 e R25 si trovano in posizione contigua l'uno rispetto all'altro, presentano la medesima esposizione nei confronti dell'aerogeneratore di riferimento (SG03) e posseggono anche le medesime categorie catastali, quindi, tra questi, ne verrà trattato solo uno scegliendo quello più esposto agli effetti di shadow indotti dalla turbina che, in questo caso è rappresentato dal R23 in quanto quello con finestrate principali e spazi annessi più esposti al possibile effetto shadow.

**Figura 5** Disposizione dei ricettori R23, R24 e R25 rispetto l'aerogeneratore SG03 e inquadramento di dettaglio



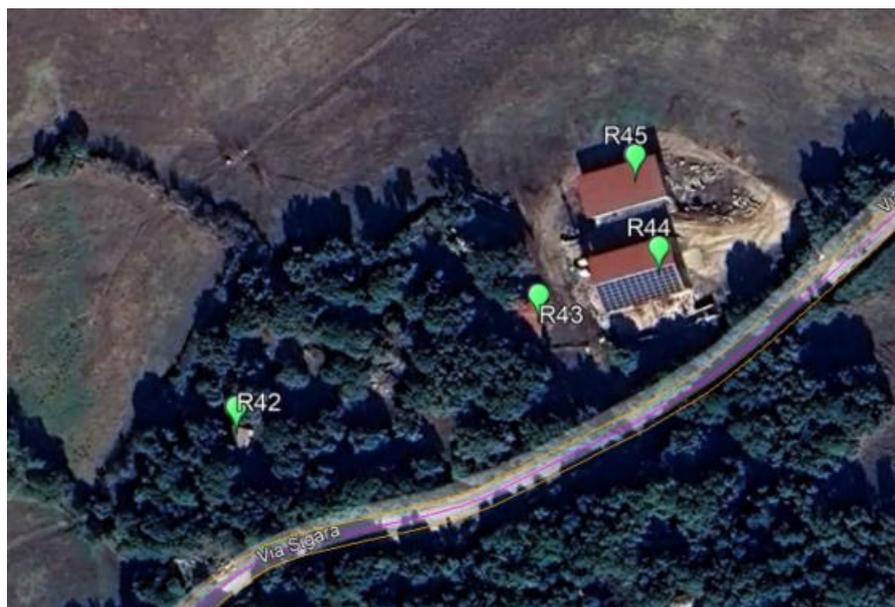
Lo stesso discorso vale per i ricettori R27 e R28, dei quali verrà preso in considerazione solo il R28 in quanto il più vicino tra tutti all'aerogeneratore SG03

**Figura 6** Disposizione dei ricettori R27 e R28 rispetto l'aerogeneratore SG03 con inquadramento di dettaglio



Per i ricettori R42, R43, R44 e R45 verrà preso in considerazione solo il R45 in quanto il più esposto tra tutti agli aerogeneratori nelle vicinanze.

**Figura 7** *Disposizione dei ricettori R42, R43, R44 e R45 rispetto agli aerogeneratori vicini e inquadramento di dettaglio*

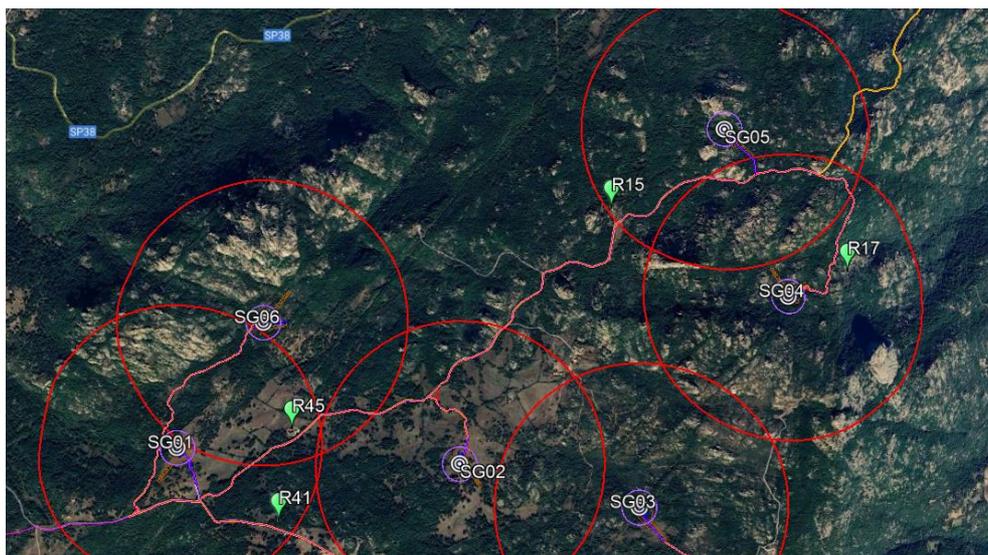


Quindi, in definitiva, lo studio si concentrerà sui seguenti 6 ricettori:

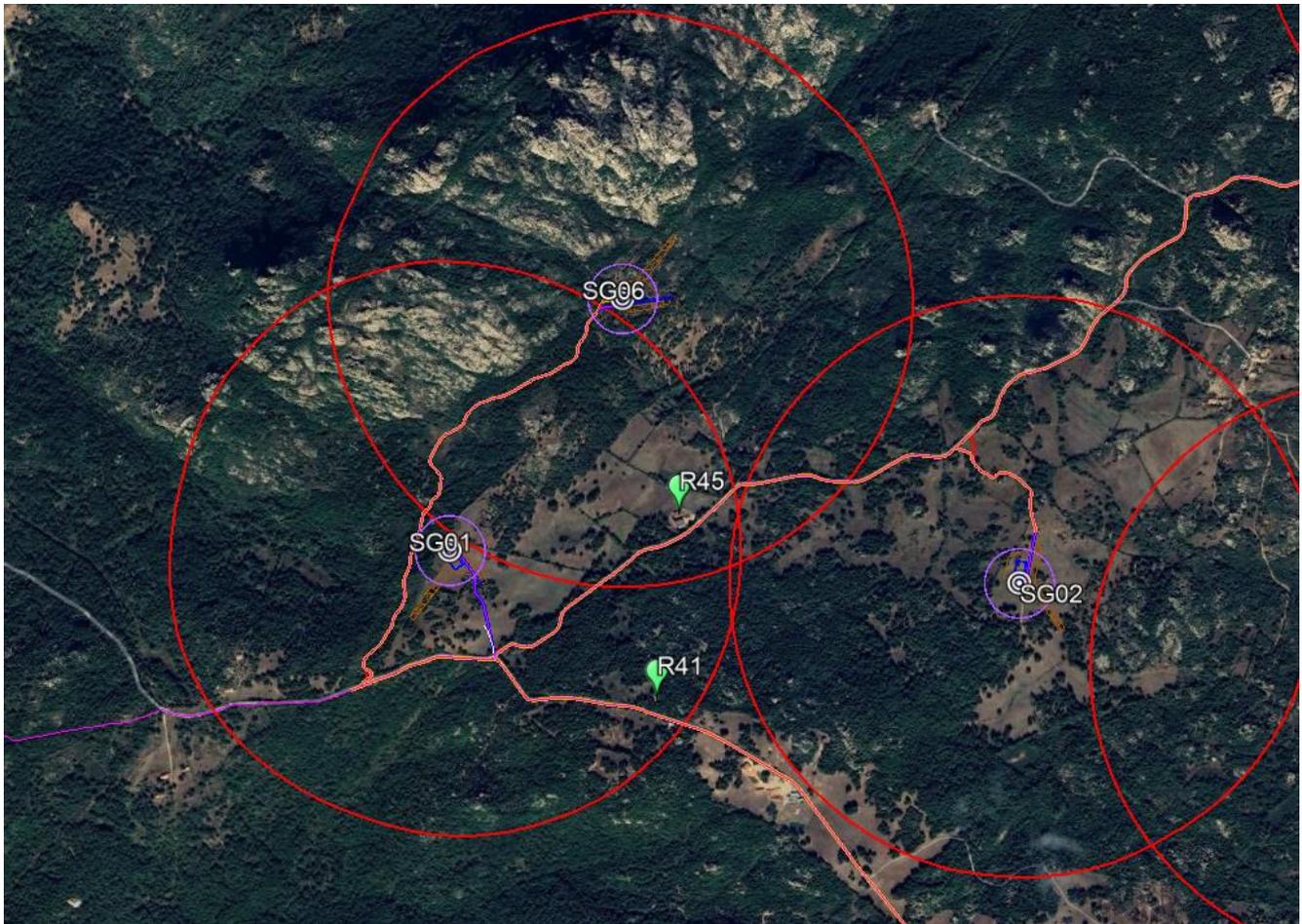
**Tabella 4** Elenco delle strutture trattate come ricettori sensibili con buffer di appartenenza dall'aerogeneratore più vicino

COD. RICETT.	COORDINATE WGS84		COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CATEGORIA CATASTALE	WTG DI INFLUENZA	DISTANZA WTG (m)
R15	520952.00 m E	4530927.00 m N	CALANGIANUS	33	102	C02	SG05	680
R17	522128.00 m E	4530615.00 m N	CALANGIANUS	38	164	C02	SG04	340
R23	521473.00 m E	4529026.00 m N	CALANGIANUS	37	115	A02/C02	SG03	565
R28	521121.00 m E	4528936.00 m N	CALANGIANUS	37	165	A04	SG03	500
R41	519321.00 m E	4529373.00 m N	CALANGIANUS	37	138	A03	SG01	620
R45	519371.00 m E	4529822.00 m N	CALANGIANUS	32	180	D10	SG01- SG06	550

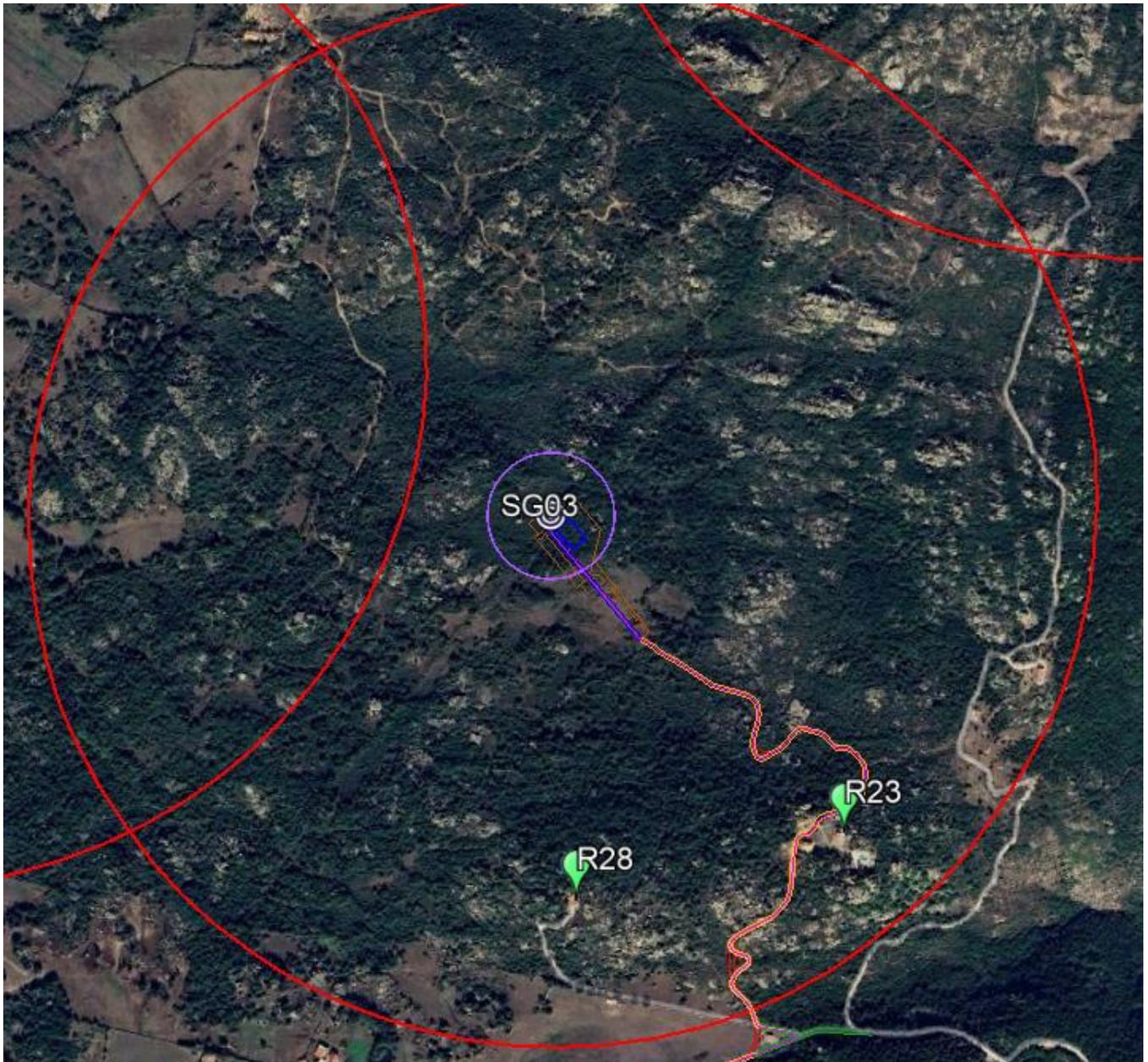
Nelle figure a seguire vengono mostrati i suddetti ricettori su immagine satellitare (Google Earth) rispetto al layout di impianto proposto.



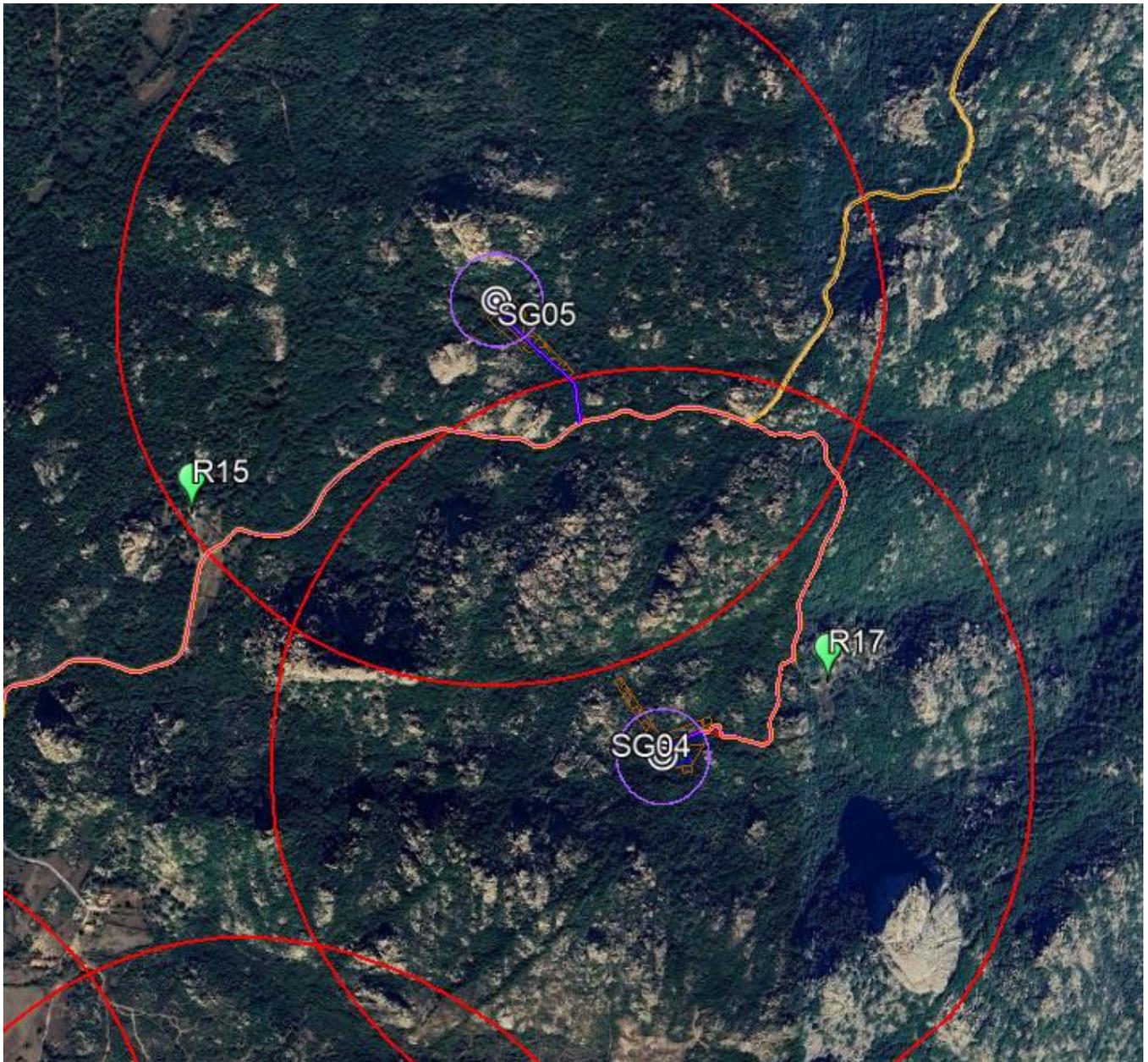
**Figura 8** Inquadramento generale dei ricettori presi in considerazione rispetto le Turbine con relativi buffer di 700 metri



**Figura 9** Aerogeneratore SG01, SG02 e SG06 e Ricettori più prossimi



**Figura 10** Aerogeneratore Sg03 e Ricettori più prossimi



**Figura 11** Aerogeneratore SG04, SG05 e Ricettori più prossimi

## 5 METODOLOGIA DI CALCOLO IN "WORST CASE" DELLO SHADOW FLICKERING

L'impatto da *shadow flickering* prodotto da un impianto eolico è analizzato, generalmente, a partire dall'impiego di specifici applicativi che modellano il fenomeno in esame. I software impiegati per la progettazione di impianti eolici contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di *flickering* mediante un modello digitale dell'area oggetto di progettazione, localizzazione (E, N, quota) degli aerogeneratori e dei ricettori sensibili, i dati della posizione del sole, i dati anemologici e le condizioni operative delle turbine in un determinato arco di tempo.

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

Sebbene il fenomeno dello *shadow flickering* possa essere percepito anche all'esterno delle costruzioni, esso risulta più evidente e fastidioso all'interno di ambienti chiusi che presentano aperture e/o finestrate orientate proprio sul prolungamento della direttrice sole-turbina, mentre risulta meno impattante (o addirittura nullo) per quegli ambienti con aperture e/o finestrate il cui orientamento si discosta dal prolungamento della direttrice sole-turbina. Conseguentemente, una corretta valutazione del fenomeno del flickering non può prescindere dall'esatto orientamento delle finestrate. Con riferimento all'analisi in esame, in via cautelativa, si considereranno per tutti i ricettori le finestrate orientate proprio sul prolungamento della direttrice sole-turbina.

Il software, nel caso in oggetto *windPRO 4.0*, consente di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno per identificare i tempi in cui ogni turbina può proiettare ombre sugli edifici vicini. In particolare, il modello permette di:

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

Altri dati necessari per la caratterizzazione del fenomeno sono:

- l'altimetria della zona simulata;
- la latitudine e longitudine dell'area interessata;
- la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica dei "ricettori sensibili" (fabbricati e relative finestre);
- l'orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- la proiezione dell'ombra rispetto ai ricettori.

Sulla base di questi dati si è in grado di poter calcolare 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.

 <p>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L. P.I. 17264911003 Via Savoia 78 00198 Roma</p>	<p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>	 <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p> <table border="1" data-bbox="1137 253 1458 295"> <tr> <td>10/05/2024</td> <td>REV: 1</td> <td>Pag.23</td> </tr> </table>	10/05/2024	REV: 1	Pag.23
10/05/2024	REV: 1	Pag.23			

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

- coordinate geografiche baricentriche UTM-WGS84
- coordinate geografiche delle turbine considerate
- coordinate geografiche dei recettori considerati
- disposizione orizzontale delle finestrature
- estensione aree simulate di circa 300 km<sup>2</sup>
- risoluzione di calcolo: 1,00 m
- raggio d'influenza massimo dal punto di installazione dell'aerogeneratore;
- altezza di 1,5 m del punto di vista dell'osservatore;
- altezza di 2,0 m del punto di vista (ZVI) rispetto la superficie del suolo;
- parametri turbina:
  - diametro rotore: 170 m
  - altezza torre al mozzo: 155m
  - altezza complessiva dell'aerogeneratore: 240 m

Per il calcolo dell'orizzonte di ciascun ricettore il modello numerico utilizzato tiene conto dell'ostacolo naturale costituito dall'orografia circostante il ricettore e non da eventuali ostacoli come ad es. boschi, barriere naturali o artificiali, etc.

In definitiva è bene evidenziare che, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite ipotizzando contemporaneamente le seguenti condizioni sfavorevoli per qualunque ricettore soggetto a *shadow flickering*:

- rotore in movimento alla massima frequenza ed in moto continuo;
- assenza di ostacoli;
- orientamento del rotore ortogonale alla congiungente ricettore-sole.

Inoltre, bisogna tenere in considerazione che se il cielo dovesse essere coperto, non dovesse esserci presenza di vento o la sua direzione è tale da porre il piano del rotore in posizione parallela rispetto la congiungente ricettore-sole, l'aerogeneratore non produrrà ombra intermittente ma la sua influenza apparirà comunque nei risultati proprio perché il worst case vuole tenere in considerazione tutte e contemporaneamente le condizioni a sfavore: in altre parole, il calcolo descrive lo scenario peggiore possibile e vuole rappresentare quindi il massimo rischio di impatto potenziale.

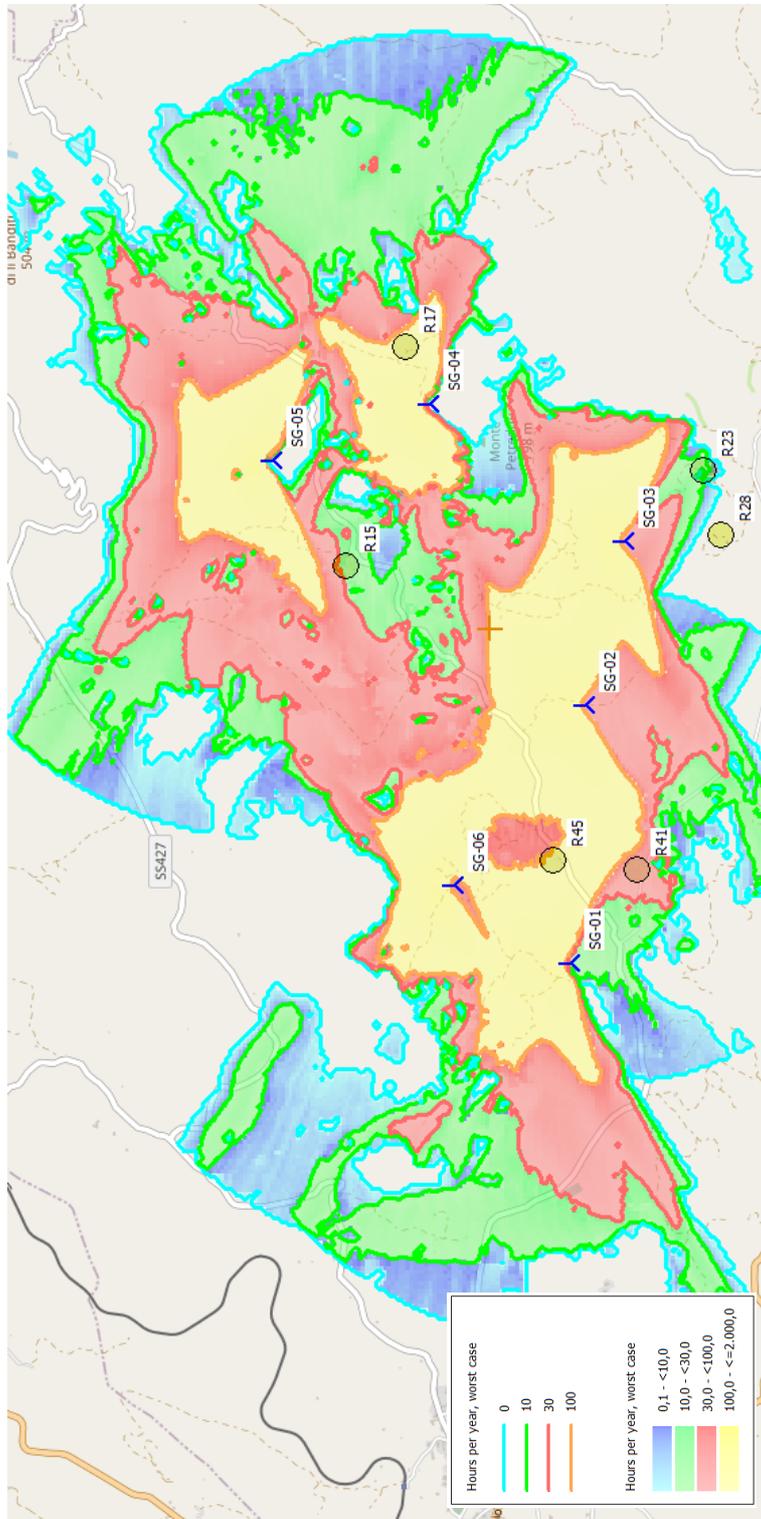
 <p>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L. P.I. 17264911003 Via Savoia 78 00198 Roma</p>	<p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE SULL'ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DAGLI AEROGENERATORI (EFFETTO "SHADOW FLICKERING")</p>	 <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1137 255 1251 295">10/05/2024</td> <td data-bbox="1256 255 1362 295">REV: 1</td> <td data-bbox="1367 255 1471 295">Pag.24</td> </tr> </table>	10/05/2024	REV: 1	Pag.24
10/05/2024	REV: 1	Pag.24			

## 6 RISULTATI DI CALCOLO DEL CASO "WORST CASE"

Nell'immagine che segue si riporta, in opportuna scala cromatica, il valore massimo di ombreggiamento annuo su superficie orizzontale prodotta dalle opere in progetto nelle condizioni maggiormente sfavorevoli sopra elencate.

Inoltre, per ogni ricettore vengono rappresentati graficamente, in appositi diagrammi riportati nei paragrafi a seguire, gli intervalli di ombreggiamento durante le varie ore dell'anno ("Calendar Graph"), rispetto le curve di alba e tramonto. Sull'asse delle ascisse sono riportati i giorni dell'anno e sull'asse delle ordinate l'ora del giorno (ora solare).

Viene riportata, per ciascun ricettore, la lista giornaliera dei singoli eventi di *shadow flickering* indotti da ogni turbina (il cosiddetto "Calendar Time"): per ciascun evento viene specificata l'ora solare di inizio, l'ora solare di fine, la durata complessiva e la copertura (temporale) percentuale del fenomeno dello *shadow flickering* al netto di eventuali ostacoli (orografici e/o di altro tipo).



**Figura 12** Rappresentazione grafica dell'ombreggiamento causato dalle turbine sui ricettori nel "Worst Case"

**6.1 ANALISI DEI RISULTATI PER SINGOLO RICETTORE (WORST CASE)**

**RICETTORE R-15**

**Tabella 5** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

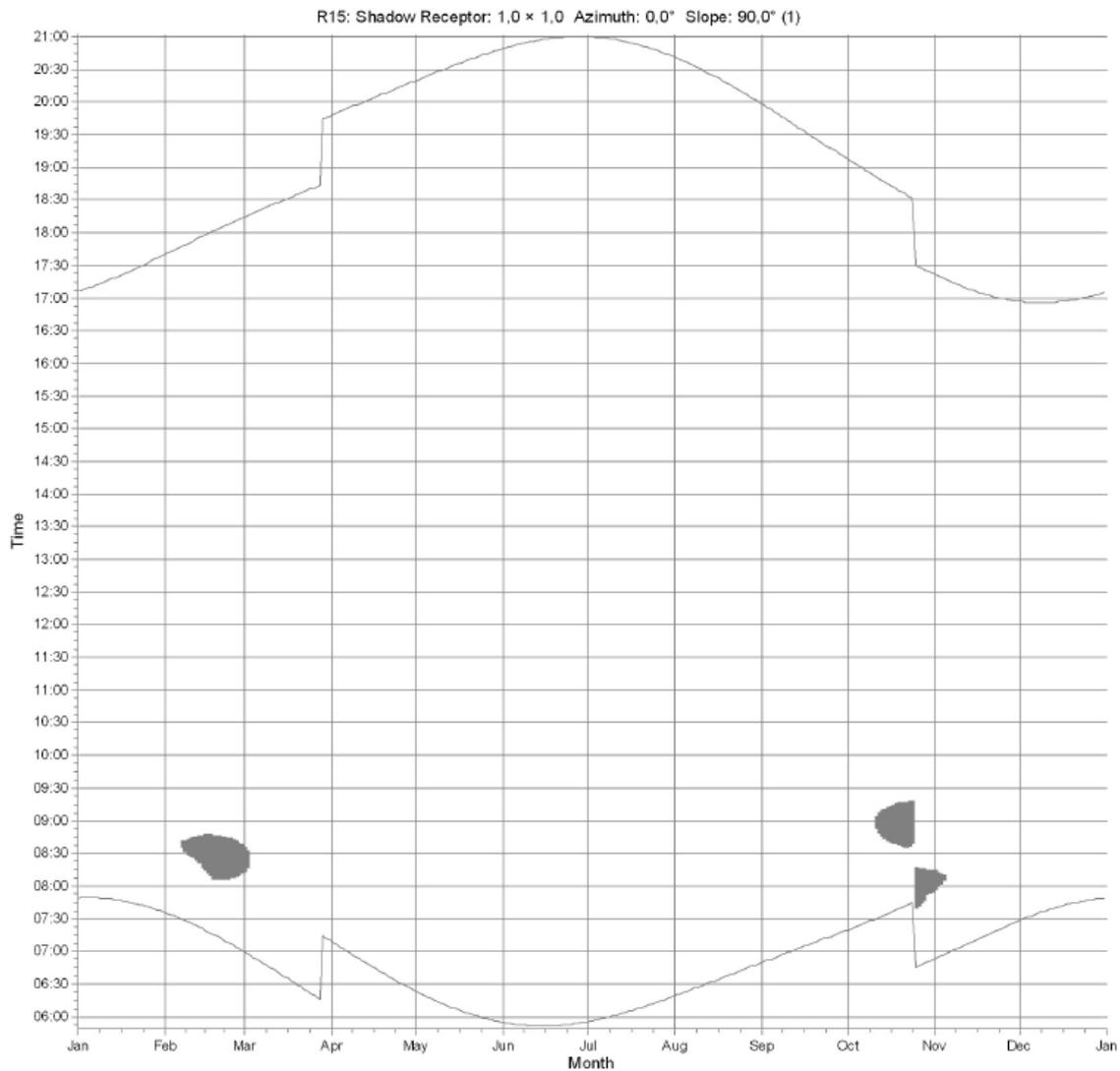
**Calculation: Shadow Worst Case Shadow receptor: R15 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)**

**Assumptions for shadow calculations**

- The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
- The sun is shining all the day, from sunrise to sunset
- The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
- The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September/October	November	December
1	07:35	07:35	06:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	06:53
2	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:46	20:59	20:41	19:58	19:07	17:21
3	17:46	17:41	18:15	19:48	20:20	20:49	20:59	20:39	19:56	19:06	17:19
4	17:47	17:42	18:16	19:50	20:22	20:50	20:59	20:38	19:55	19:05	17:18
5	17:49	17:43	18:17	19:51	20:22	20:51	20:59	20:37	19:53	19:02	17:17
6	17:49	17:40	18:17	19:51	20:22	20:51	20:59	20:37	19:53	19:02	17:17
7	17:48	17:39	18:16	19:50	20:21	20:50	20:59	20:36	19:52	19:01	17:16
8	17:48	17:38	18:16	19:50	20:21	20:50	20:59	20:36	19:52	19:01	17:16
9	17:48	17:38	18:16	19:50	20:21	20:50	20:59	20:36	19:52	19:01	17:16
10	17:48	17:38	18:16	19:50	20:21	20:50	20:59	20:36	19:52	19:01	17:16
11	17:48	17:38	18:16	19:50	20:21	20:50	20:59	20:36	19:52	19:01	17:16
12	17:48	17:38	18:16	19:50	20:21	20:50	20:59	20:36	19:52	19:01	17:16
13	17:49	17:39	18:17	19:51	20:22	20:51	20:59	20:37	19:53	19:02	17:17
14	17:47	17:20	18:15	19:48	20:19	20:46	20:59	20:41	19:58	19:07	17:21
15	17:47	17:19	18:15	19:48	20:19	20:46	20:59	20:41	19:58	19:07	17:21
16	17:46	17:18	18:15	19:47	20:18	20:45	20:59	20:40	19:57	19:06	17:20
17	17:46	17:18	18:15	19:47	20:18	20:45	20:59	20:40	19:57	19:06	17:20
18	17:46	17:18	18:15	19:47	20:18	20:45	20:59	20:40	19:57	19:06	17:20
19	17:46	17:18	18:15	19:47	20:18	20:45	20:59	20:40	19:57	19:06	17:20
20	17:46	17:18	18:15	19:47	20:18	20:45	20:59	20:40	19:57	19:06	17:20
21	17:44	17:11	18:06	19:43	20:14	20:39	20:53	20:38	19:54	19:03	17:19
22	17:42	16:59	18:03	19:40	20:11	20:36	20:50	20:35	19:51	19:00	17:17
23	17:42	16:59	18:03	19:40	20:11	20:36	20:50	20:35	19:51	19:00	17:17
24	17:42	16:59	18:03	19:40	20:11	20:36	20:50	20:35	19:51	19:00	17:17
25	17:42	16:59	18:03	19:40	20:11	20:36	20:50	20:35	19:51	19:00	17:17
26	17:40	16:57	18:01	19:38	20:09	20:34	20:48	20:33	19:49	18:58	17:15
27	17:38	16:55	17:59	19:35	20:06	20:31	20:45	20:31	19:46	18:55	17:13
28	17:39	17:01	18:02	19:36	20:07	20:32	20:46	20:32	19:47	18:56	17:14
29	17:36	16:54	17:56	19:34	20:05	20:30	20:44	20:30	19:45	18:54	17:13
30	17:37	16:55	17:57	19:35	20:06	20:31	20:45	20:31	19:46	18:55	17:14
31	17:36	16:54	17:56	19:34	20:05	20:30	20:44	20:30	19:45	18:54	17:13
Forecasts sun hours	298	297	369	399	448	462	459	438	375	298	288
Total worst case											

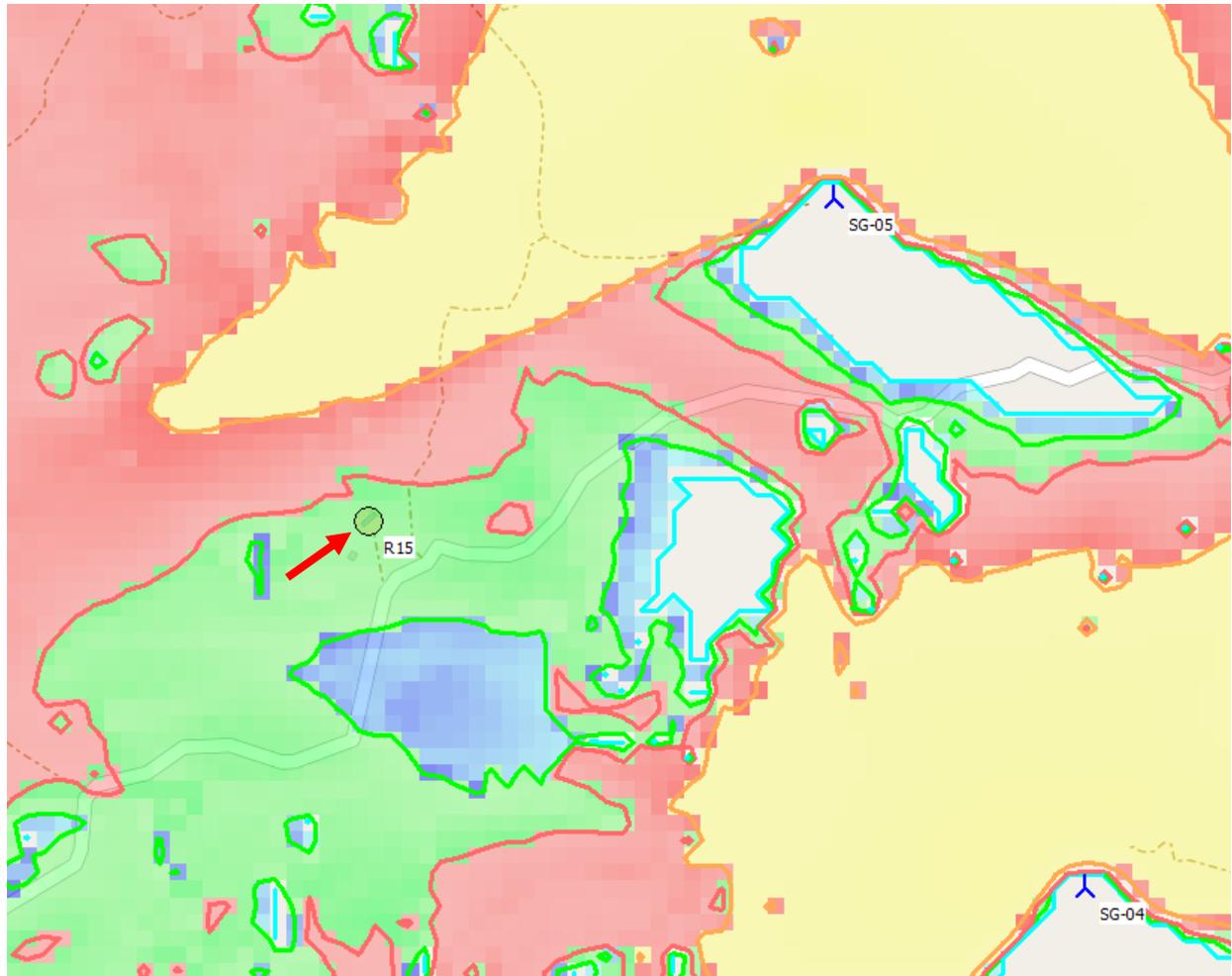
**Calculation: Shadow Worst Case Shadow receptor: R15 - Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)**



WTGs

SG-04: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (4)

**Figura 13** Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore



**Figura 14** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.

Dall'analisi del "Calendar Graph", del "Calendar Time" e della simulazione grafica delle aree di ombreggiamento sopra riportati, risulta che il fenomeno, per il ricettore R-15 in "WORST CASE", si può verificare nel corso di due periodi durante l'arco dell'anno (sempre all'alba), dovuti ad un unico aerogeneratore (SG-04) ma che influisce in maniera marginale e per pochissimi minuti, data la grande distanza da esso e l'orografia che scherma parzialmente il ricettore dall'aerogeneratore. In ogni caso, il fenomeno, nelle condizioni più sfavorevoli, si presenta per un massimo di 0:39 ore giornaliere.

**RICETTORE R-17**

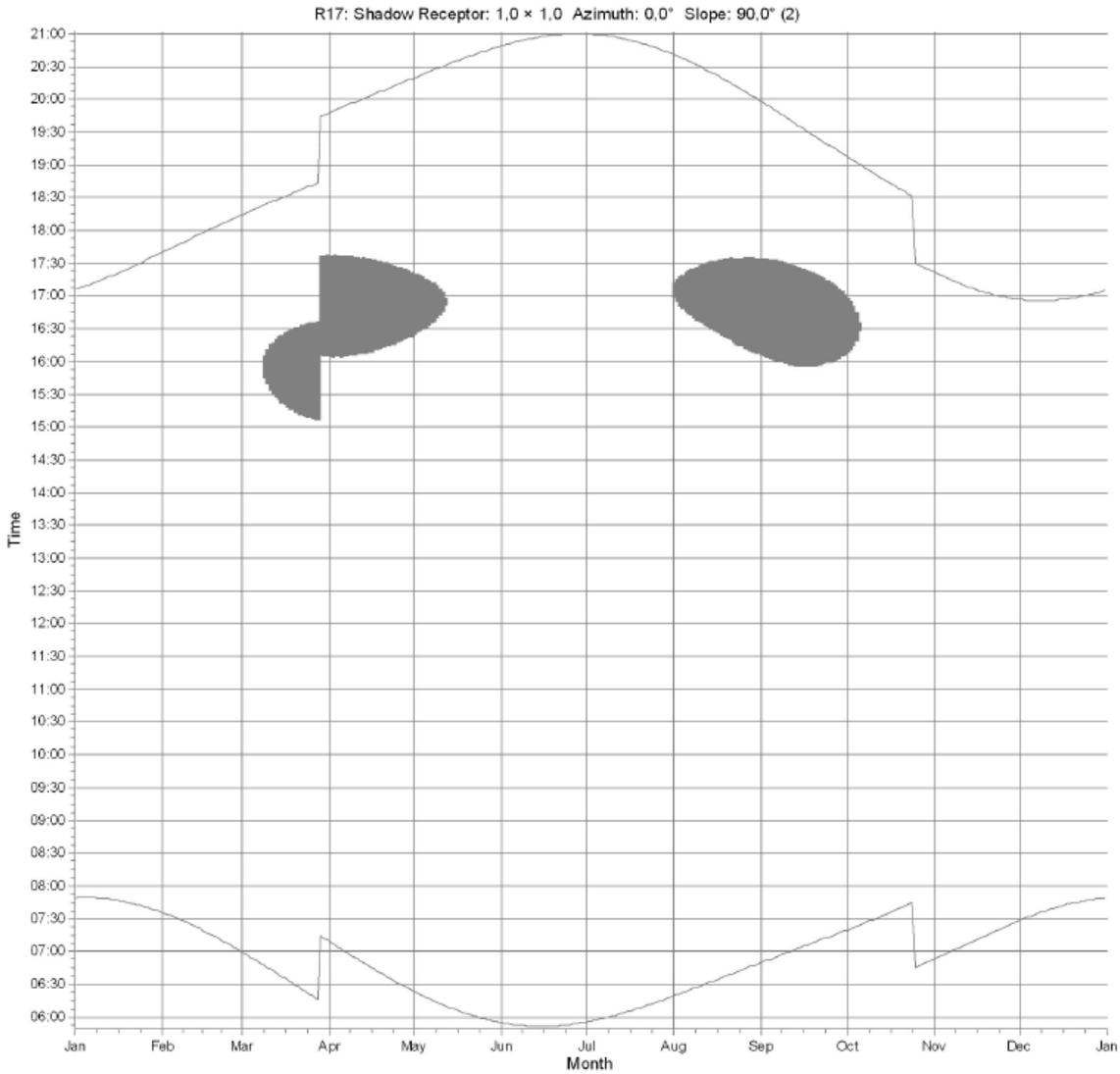
**Tabella 6** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

**Calculation:** Shadow Worst Case Shadow receptor: R17 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:  
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset  
The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun  
The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	07:48	07:35	06:59	06:59	06:23	05:55	05:55	06:19	06:59	07:19	06:53	07:28
2	07:48	07:34	06:58	06:58	06:22	05:54	05:54	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
3	07:48	07:33	06:56	06:56	06:20	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
4	07:48	07:32	06:55	06:55	06:20	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
5	07:48	07:31	06:53	06:53	06:18	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
6	07:48	07:30	06:52	06:52	06:18	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
7	07:48	07:29	06:50	06:50	06:18	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
8	07:48	07:28	06:48	06:48	06:14	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
9	07:48	07:26	06:47	06:47	06:14	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
10	07:48	07:25	06:45	06:45	06:14	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
11	07:48	07:23	06:42	06:42	06:12	05:53	05:53	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
12	07:47	07:23	06:42	06:42	06:10	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
13	07:47	07:23	06:40	06:40	06:09	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
14	07:47	07:20	06:38	06:38	06:08	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
15	07:46	07:19	06:37	06:37	06:07	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
16	07:46	07:18	06:36	06:36	06:07	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
17	07:46	07:16	06:34	06:34	06:05	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
18	07:46	07:15	06:33	06:33	06:05	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
19	07:46	07:14	06:32	06:32	06:04	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
20	07:46	07:12	06:30	06:30	06:03	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
21	07:46	07:11	06:29	06:29	06:02	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
22	07:45	07:10	06:25	06:25	06:01	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
23	07:45	07:09	06:22	06:22	06:00	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
24	07:42	07:07	06:19	06:19	05:59	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
25	07:42	07:06	06:18	06:18	05:58	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
26	07:40	07:04	06:19	06:19	05:59	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
27	07:39	07:02	06:17	06:17	05:57	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
28	07:38	07:01	06:16	06:16	05:56	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
29	07:38	07:00	06:15	06:15	05:55	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
30	07:37	06:59	06:14	06:14	05:54	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
31	07:36	06:58	06:13	06:13	05:53	05:51	05:51	06:20	06:59	07:19	06:53	07:29
Partial sun hours	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
Total worst case	288	297	369	399	448	452	449	438	384	345	298	288

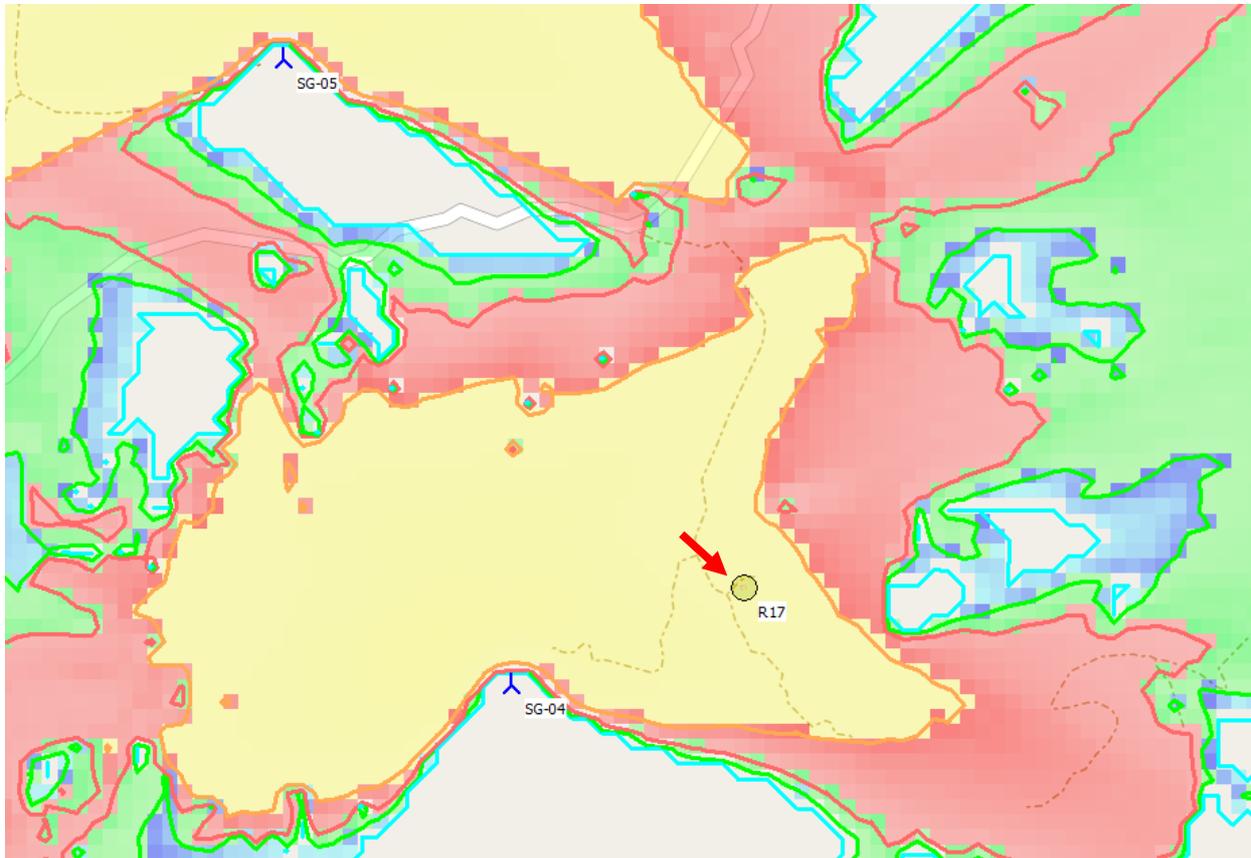
**Calculation: Shadow Worst Case Shadow receptor: R17 - Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)**



WTGs

SG-04: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !0! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (4)

**Figura 15** Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore



**Figura 16** *Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricevitore.*

Per il ricevitore R-17 in "WORST CASE", il fenomeno si potrebbe verificare nel corso di due periodi durante l'arco dell'anno (sempre al tramonto), dovuti ad un unico aerogeneratore (SG-04) in prossimità del ricevitore ma, in ogni caso, per al massimo 1:31 ore giornaliere.

**RICETTORE R-23**

**Tabella 7** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

**Calculation: Shadow Worst Case Shadow receptor: R23 - Shadow Receptor: 1.0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3°)**

**Assumptions for shadow calculations**

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:

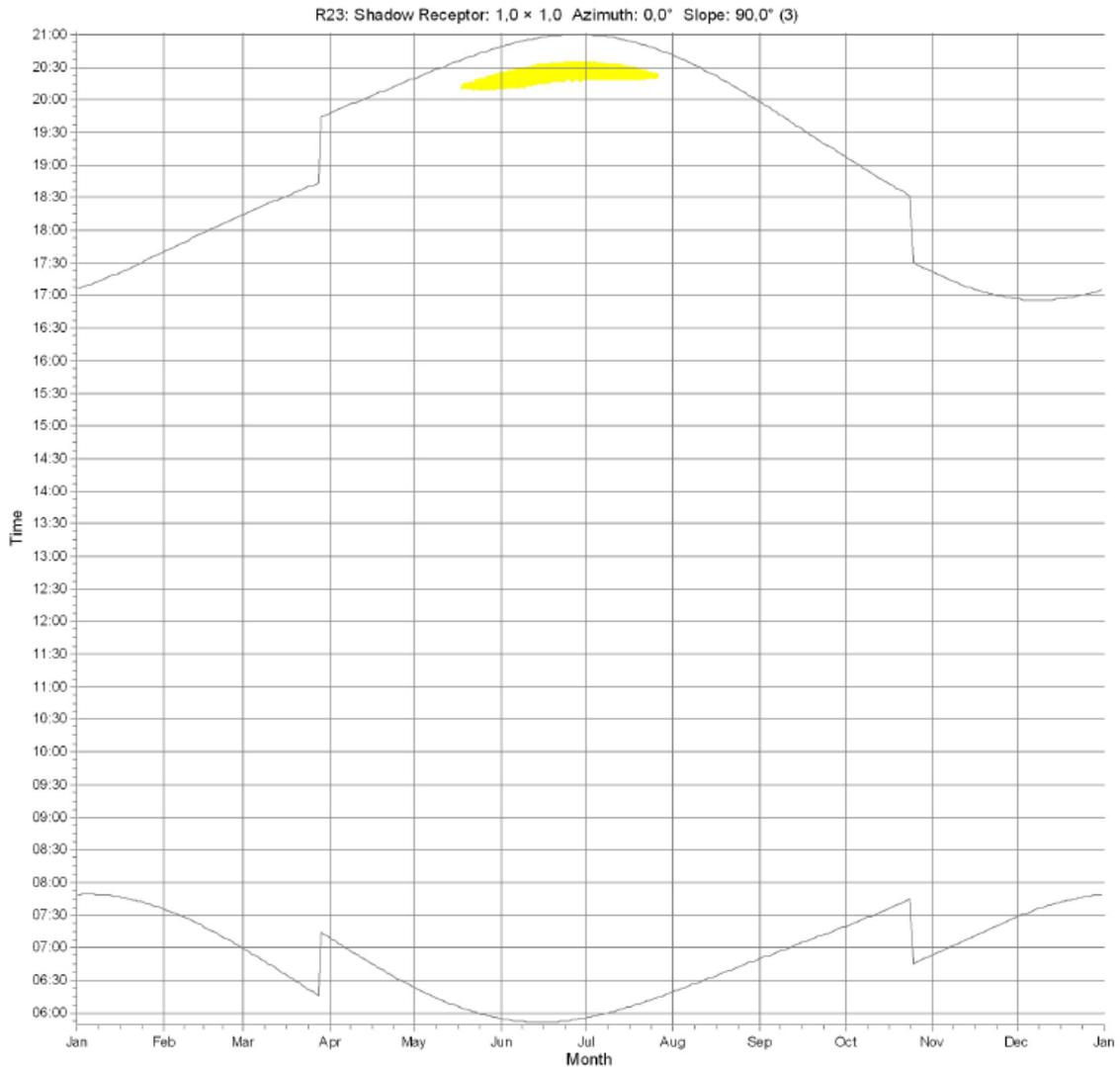
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset

The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun

The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	07:48	07:35	07:22	07:09	06:54	06:39	06:23	06:10	05:57	05:44	05:31	05:19
2	17:06	17:40	18:14	18:47	19:17	19:44	20:11	20:34	20:54	21:11	21:27	21:43
3	17:06	17:41	18:15	18:48	19:18	19:45	20:12	20:34	20:53	21:10	21:26	21:42
4	07:48	07:32	07:16	07:00	06:50	06:40	06:30	06:20	06:10	06:00	05:50	05:40
5	17:06	17:43	18:18	18:52	19:22	19:49	20:16	20:38	20:57	21:14	21:30	21:46
6	07:48	07:40	07:31	07:22	07:13	07:04	06:55	06:46	06:37	06:28	06:19	06:10
7	17:06	17:46	18:20	18:54	19:24	19:51	20:18	20:40	20:59	21:16	21:32	21:48
8	07:48	07:28	07:08	06:57	06:51	06:44	06:37	06:30	06:23	06:16	06:09	06:02
9	17:06	17:48	18:22	18:56	19:26	19:53	20:20	20:42	20:61	20:78	20:94	21:10
10	07:48	07:25	07:05	06:54	06:52	06:45	06:38	06:31	06:24	06:17	06:10	06:03
11	17:06	17:51	18:25	18:59	19:29	19:56	20:23	20:45	20:64	20:81	20:97	21:13
12	07:47	07:23	07:02	06:51	06:50	06:43	06:36	06:29	06:22	06:15	06:08	06:01
13	17:06	17:52	18:26	19:00	19:30	19:57	20:24	20:46	20:65	20:82	20:98	21:14
14	07:47	07:20	06:59	06:48	06:58	06:51	06:44	06:37	06:30	06:23	06:16	06:09
15	17:06	17:56	18:30	19:04	19:34	19:61	20:00	20:22	20:41	20:58	21:14	21:30
16	07:46	07:18	06:55	06:45	06:56	06:49	06:42	06:35	06:28	06:21	06:14	06:07
17	17:06	17:59	18:33	19:07	19:37	19:64	20:03	20:25	20:44	20:61	20:77	20:93
18	07:45	07:15	06:52	06:41	06:54	06:47	06:40	06:33	06:26	06:19	06:12	06:05
19	17:06	18:01	18:32	19:03	19:33	19:60	20:00	20:22	20:41	20:58	21:14	21:30
20	07:44	07:12	06:50	06:39	06:52	06:45	06:38	06:31	06:24	06:17	06:10	06:03
21	17:06	17:58	18:32	19:06	19:36	19:63	20:03	20:25	20:44	20:61	20:77	20:93
22	07:43	07:10	06:48	06:37	06:50	06:43	06:36	06:29	06:22	06:15	06:08	06:01
23	17:06	18:08	18:37	19:08	19:38	19:65	20:05	20:27	20:46	20:63	20:80	20:96
24	07:42	07:07	06:44	06:33	06:46	06:39	06:32	06:25	06:18	06:11	06:04	05:57
25	17:06	18:10	18:39	19:10	19:40	19:67	20:07	20:29	20:48	20:65	20:82	20:98
26	07:40	07:04	06:41	06:30	06:43	06:36	06:29	06:22	06:15	06:08	06:01	05:54
27	17:06	18:12	18:41	19:12	19:42	19:69	20:09	20:31	20:50	21:07	21:24	21:40
28	07:38	07:01	06:42	06:31	06:44	06:37	06:30	06:23	06:16	06:09	06:02	05:55
29	17:06	18:14	18:43	19:14	19:44	19:71	20:11	20:33	20:52	21:10	21:27	21:43
30	07:37	07:00	06:41	06:30	06:43	06:36	06:29	06:22	06:15	06:08	06:01	05:54
31	07:36	07:00	06:40	06:29	06:42	06:35	06:28	06:21	06:14	06:07	06:00	05:53
Percentual cum hours	298	297	296	298	298	297	298	298	298	298	298	298
Total worst case	298	297	296	298	298	297	298	298	298	298	298	298

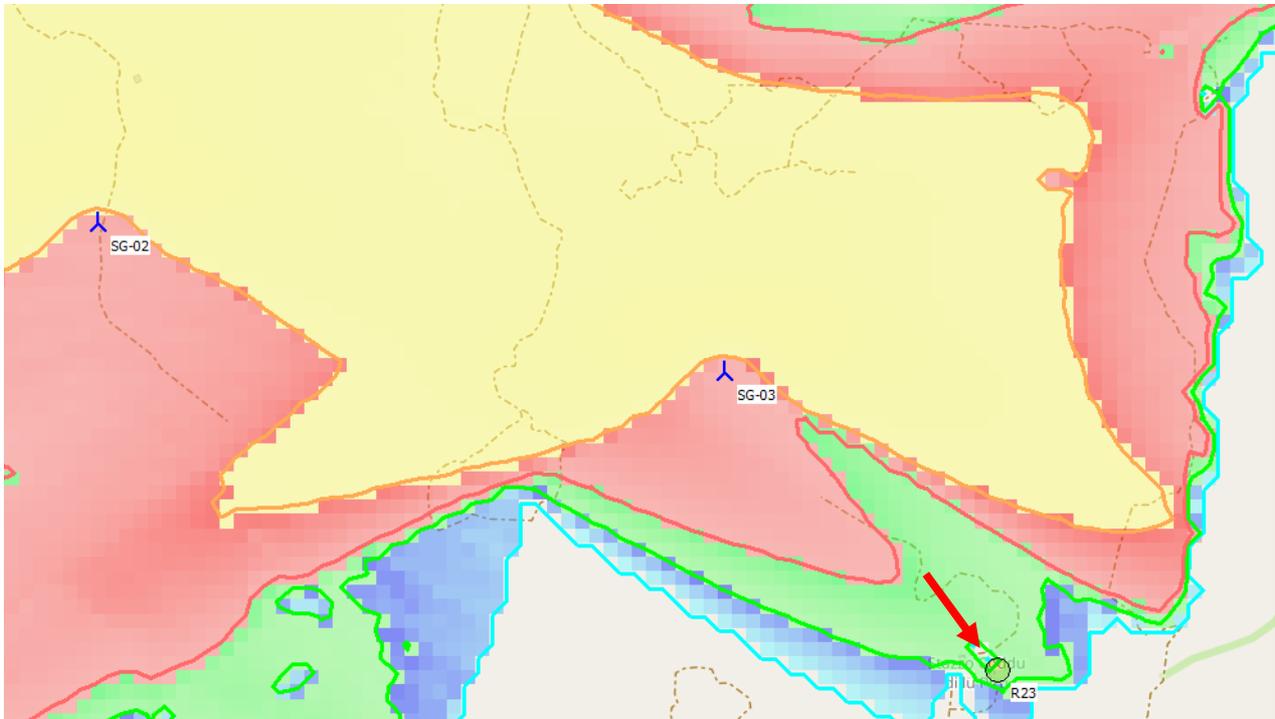
**Calculation: Shadow Worst Case Shadow receptor: R23 - Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)**



WTGs

**SG-02: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (2)**

**Figura 17** Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore



**Figura 18** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.

Per il ricettore R-23 in "WORST CASE", il fenomeno si può verificare nel corso di un unico periodo durante l'arco dell'anno, dovuto ad un unico aerogeneratore che influisce in maniera marginale e per pochissimi minuti, data la grande distanza da esso e la posizione del ricettore rispetto all'aerogeneratore (SG-03). Il fenomeno potrebbe verificarsi per al massimo 0:17 ore giornaliere.

**RICETTORE R-28**

**Tabella 8** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

**Calculation:** Shadow Worst Case Shadow receptor: R28 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)

**Assumptions for shadow calculations**

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:

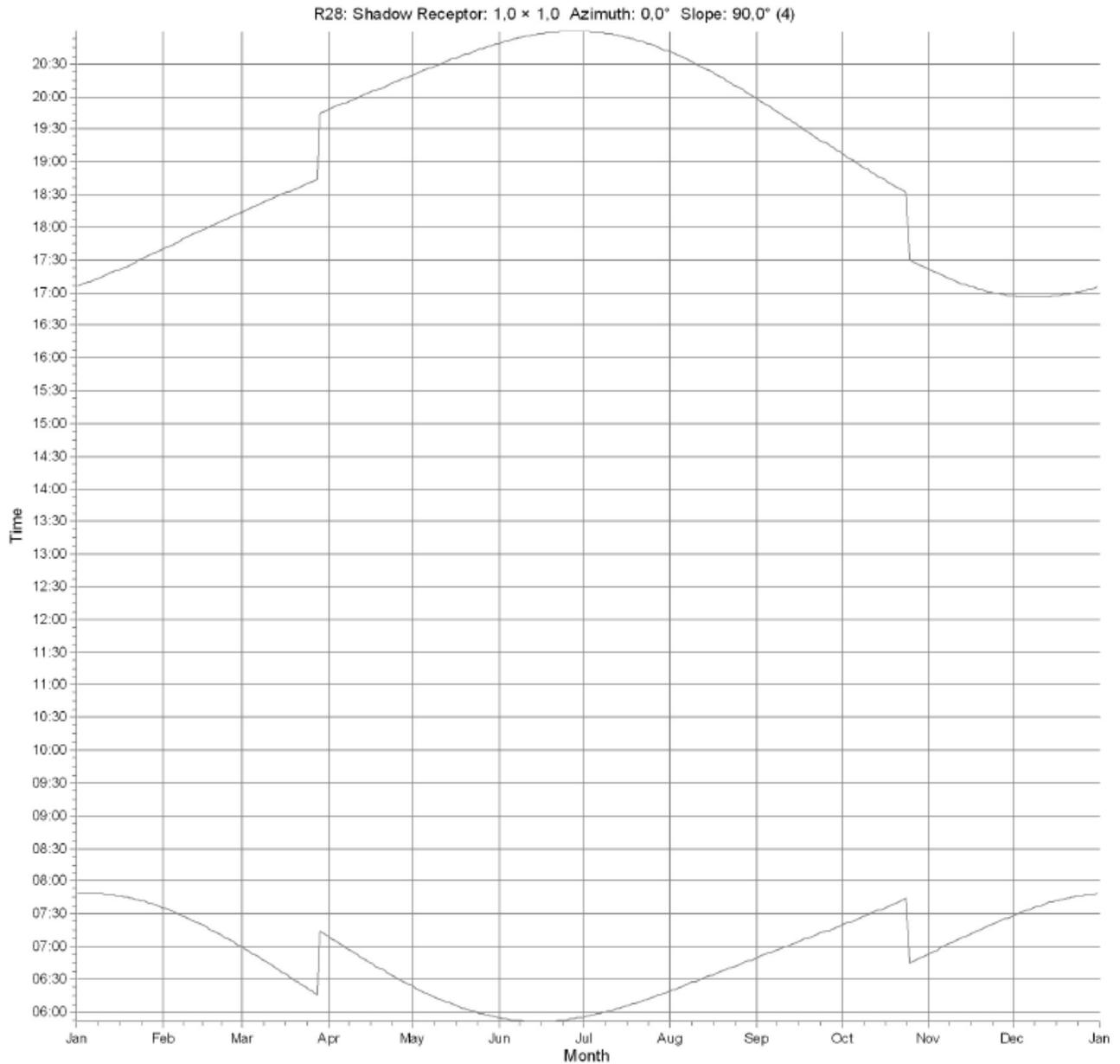
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset

The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun

The WTG is always operating

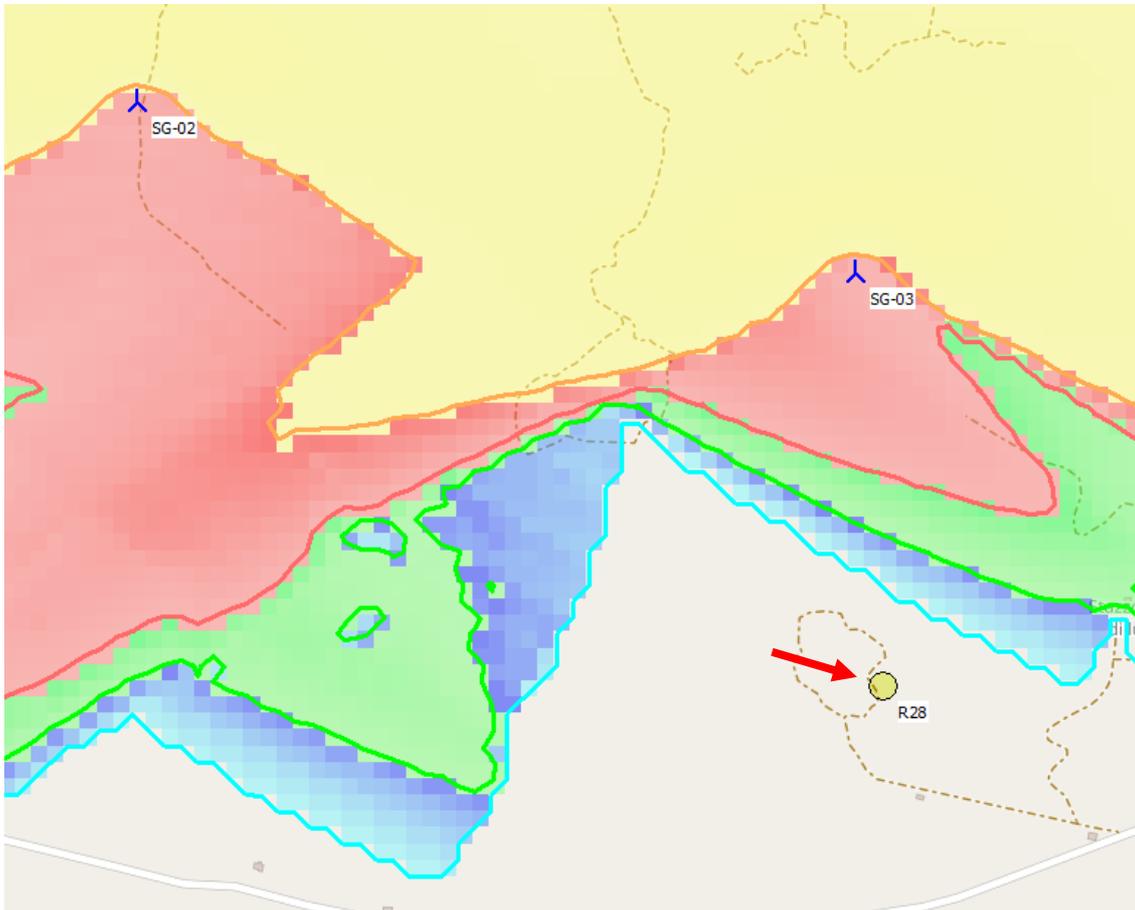
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	07:48	07:35	06:59	07:09	06:23	05:54	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	
2	07:48	07:34	06:58	07:09	06:23	05:54	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	
3	07:06	07:34	06:58	07:09	06:23	05:54	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	
4	07:48	07:32	06:55	07:09	06:19	05:53	06:22	06:52	07:22	06:53	07:31	
5	07:48	07:31	06:53	07:02	06:18	05:53	06:23	06:53	07:23	06:58	07:32	
6	07:48	07:29	06:53	07:00	06:17	05:53	06:24	06:54	07:24	06:58	07:33	
7	07:48	07:29	06:50	06:59	06:16	05:53	06:24	06:55	07:25	07:00	07:34	
8	07:48	07:28	06:48	06:57	06:14	05:53	06:25	06:56	07:26	07:01	07:35	
9	07:48	07:26	06:47	06:56	06:13	05:53	06:26	06:57	07:27	07:03	07:36	
10	07:48	07:25	06:45	06:54	06:12	05:51	06:27	06:58	07:28	07:04	07:36	
11	07:48	07:24	06:43	06:52	06:11	05:51	06:28	06:59	07:30	07:05	07:37	
12	07:47	07:23	06:42	06:51	06:10	05:51	06:29	07:00	07:31	07:06	07:38	
13	07:47	07:22	06:40	06:49	06:09	05:51	06:30	07:01	07:32	07:07	07:39	
14	07:47	07:20	06:39	06:48	06:08	05:51	06:31	07:02	07:33	07:08	07:40	
15	07:47	07:19	06:37	06:46	06:07	05:51	06:32	07:03	07:34	07:10	07:40	
16	07:46	07:18	06:35	06:45	06:06	05:51	06:33	07:04	07:35	07:11	07:41	
17	07:46	07:16	06:34	06:44	06:05	05:51	06:34	07:05	07:36	07:12	07:42	
18	07:45	07:15	06:32	06:44	06:04	05:51	06:35	07:06	07:37	07:13	07:42	
19	07:45	07:14	06:31	06:43	06:03	05:51	06:36	07:07	07:38	07:14	07:44	
20	07:44	07:12	06:29	06:38	06:02	05:51	06:37	07:08	07:39	07:16	07:44	
21	07:43	07:11	06:28	06:37	06:01	05:51	06:38	07:09	07:40	07:17	07:45	
22	07:42	07:10	06:26	06:36	06:01	05:52	06:39	07:10	07:41	07:18	07:46	
23	07:42	07:09	06:25	06:35	06:00	05:52	06:40	07:11	07:42	07:19	07:47	
24	07:42	07:07	06:22	06:33	05:59	05:52	06:41	07:12	07:43	07:20	07:46	
25	07:41	07:06	06:20	06:32	05:58	05:52	06:42	07:13	07:44	07:21	07:47	
26	07:40	07:04	06:19	06:30	05:58	05:53	06:43	07:14	07:45	07:22	07:47	
27	07:40	07:03	06:18	06:29	05:57	05:53	06:44	07:15	07:46	07:23	07:47	
28	07:39	07:01	06:15	06:27	05:57	05:54	06:45	07:16	07:47	07:25	07:47	
29	07:38	06:59	06:14	06:26	05:56	05:54	06:46	07:17	07:48	07:26	07:47	
30	07:37	06:57	06:13	06:25	05:55	05:54	06:47	07:18	07:49	07:27	07:48	
31	07:37	06:56	06:12	06:24	05:55	05:54	06:48	07:19	07:50	07:28	07:48	
Total, worst case	298	297	369	398	448	462	459	428	375	345	298	288

**Calculation: Shadow Worst Case Shadow receptor: R28 - Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)**



WTGs

**Figura 19** Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore



**Figura 20** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.

Per il ricettore R-28 in "WORST CASE", il fenomeno dello shadow flickering sembrerebbe non verificarsi in alcun modo grazie, soprattutto, alla sua posizione rispetto ad esso.

**RICETTORE R-41**

**Tabella 9** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

**Calculation: Shadow Worst Case Shadow receptor: R41 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)**  
**Assumptions for shadow calculations**

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:

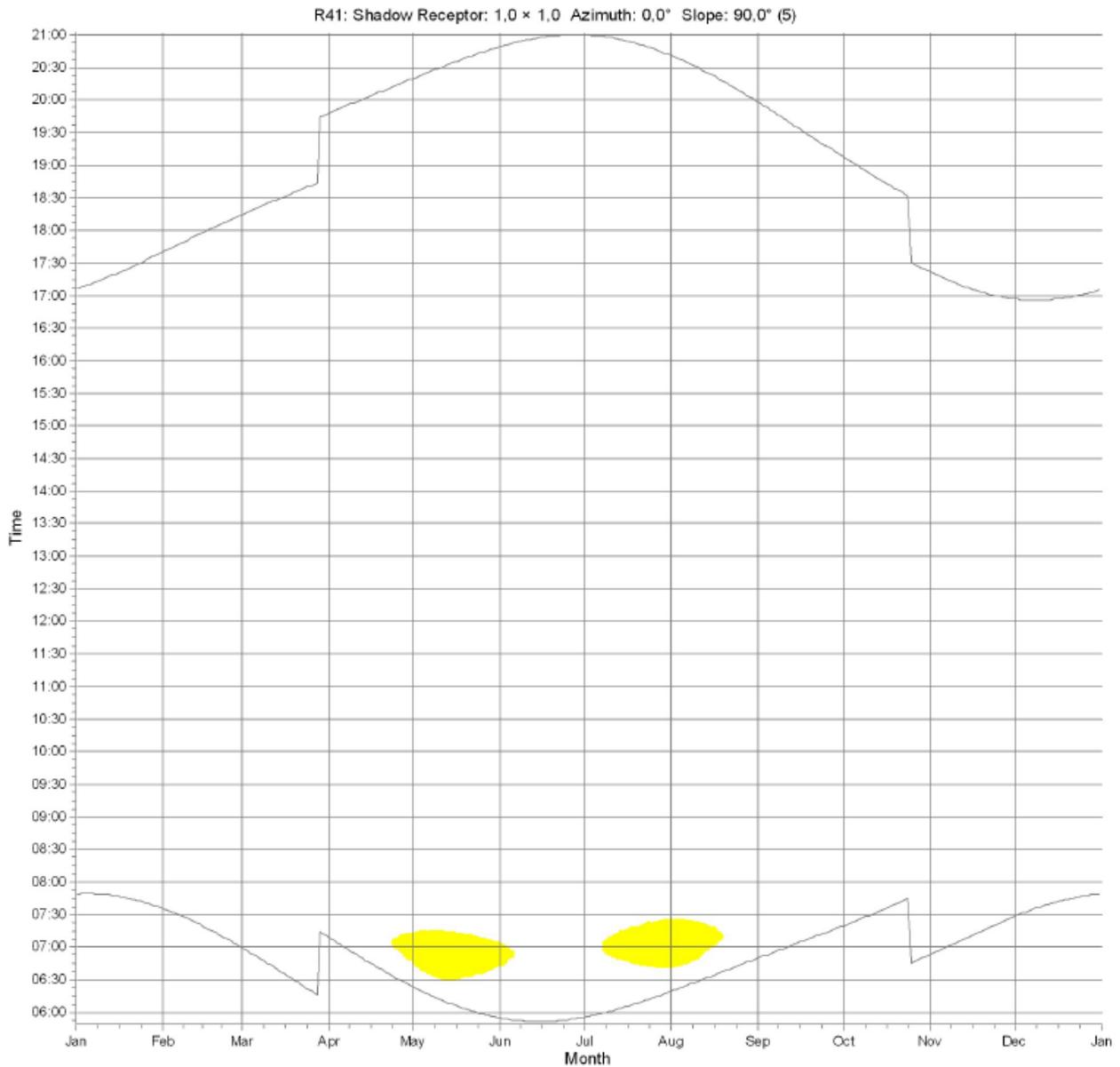
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset

The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun

The WTG is always operating

January	February	March	April	May	June	July	August	September/October	November	December
1 17:48	07:35	08:59	07:49	06:33	06:45 (S-E-02)	06:44 (S-E-02)	06:19	06:41 (S-E-02)	06:49	06:53
2 17:46	07:34	08:58	07:47	20:19	07:12 (S-E-02)	07:02 (S-E-02)	20:41	07:24 (S-E-02)	19:07	17:21
3 17:46	07:34	08:58	07:47	06:22	06:43 (S-E-02)	06:44 (S-E-02)	06:20	06:42 (S-E-02)	06:54	07:29
4 17:46	07:34	08:58	07:47	20:20	07:11 (S-E-02)	07:01 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
5 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
6 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
7 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
8 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
9 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
10 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
11 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
12 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
13 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
14 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
15 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
16 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
17 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
18 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
19 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
20 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
21 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
22 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
23 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
24 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
25 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
26 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
27 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
28 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
29 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
30 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
31 17:46	07:34	08:58	07:47	20:21	07:13 (S-E-02)	07:00 (S-E-02)	20:39	07:24 (S-E-02)	19:06	17:20
<p>Perception sun hours 298</p> <p>Total, worst case 298</p>										

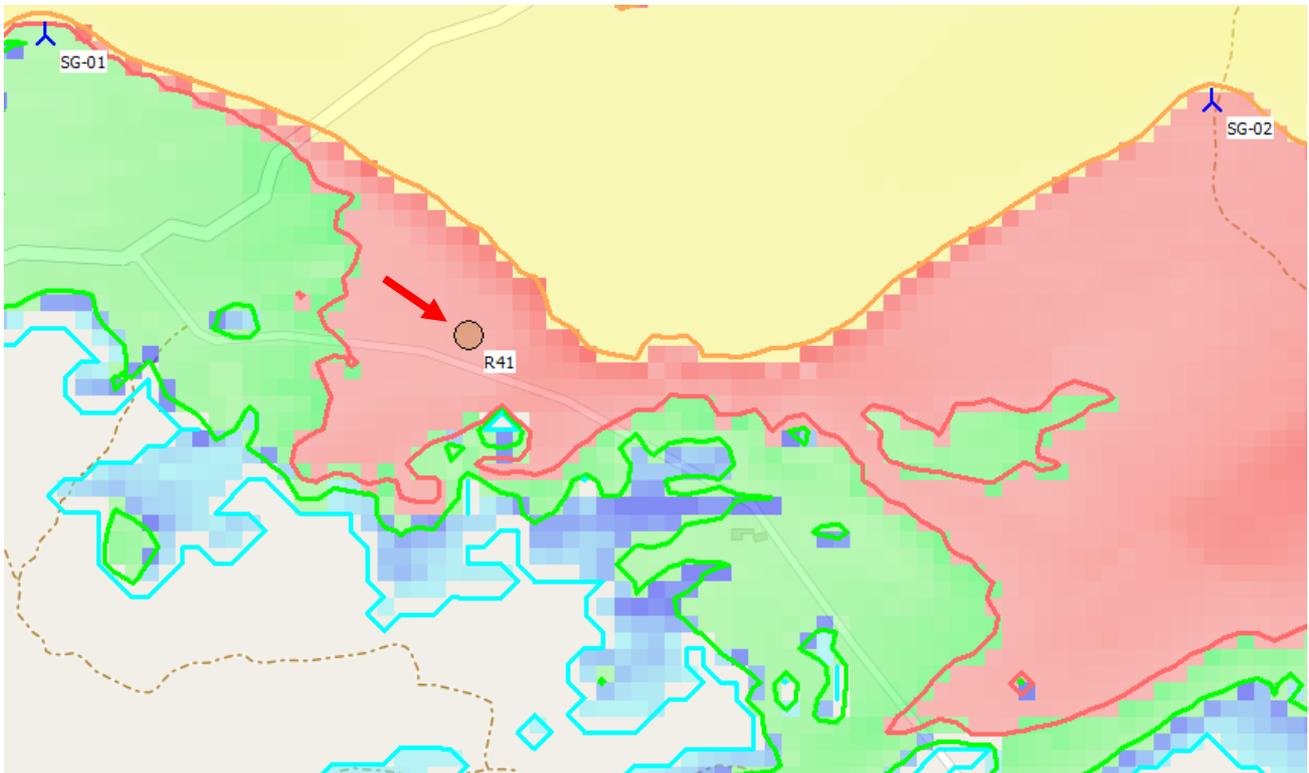
**Calculation: Shadow Worst Case Shadow receptor: R41 - Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)**



WTGs

SG-02: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (2)

**Figura 21** Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore

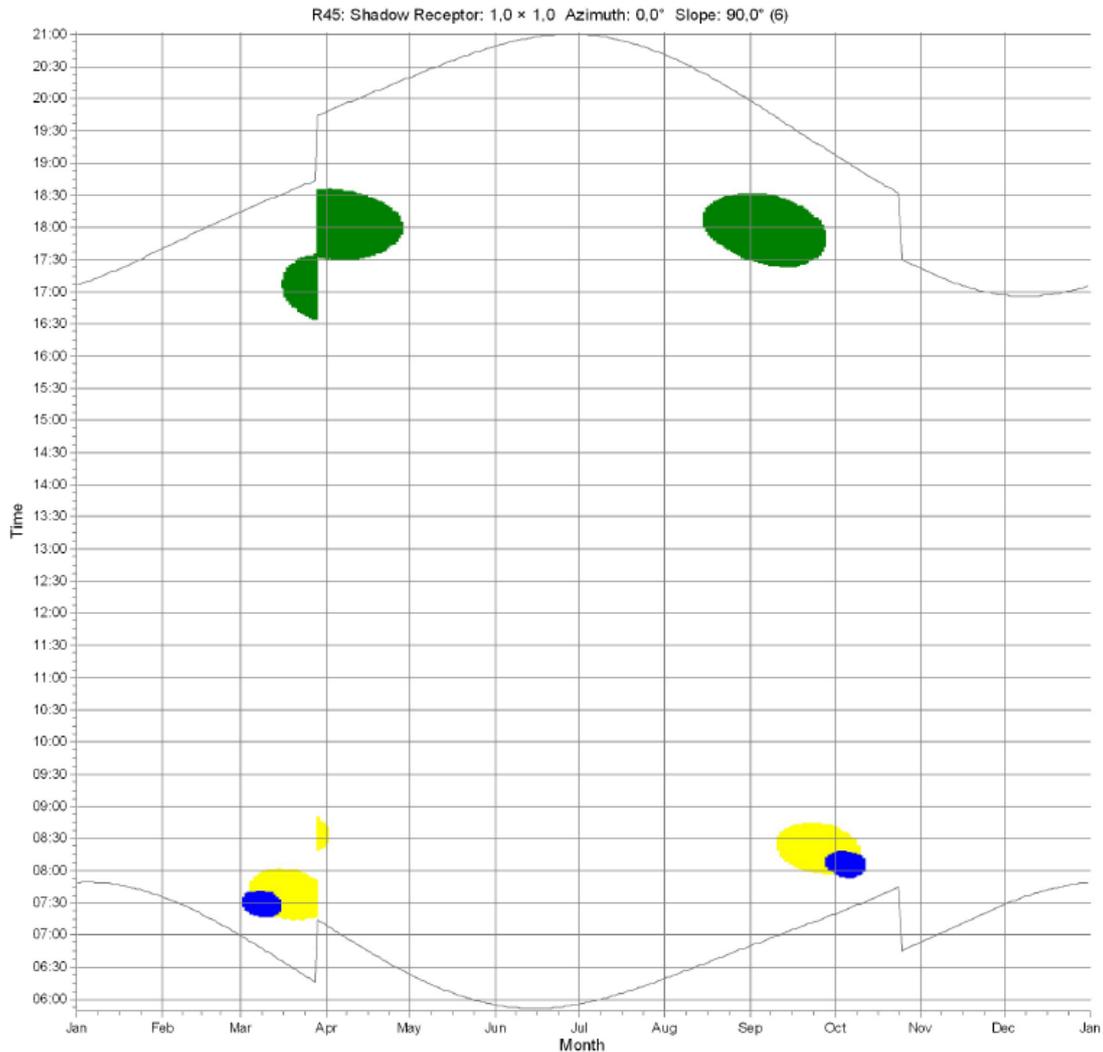


**Figura 22** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.

Per il ricettore R-41 in "WORST CASE", il fenomeno si può verificare nel corso di due diversi periodi durante l'arco dell'anno, dovuti ad un unico aerogeneratore (SG-02) con effetti poco apprezzabili. Il ricettore, rispetto all'aerogeneratore in questione, si trova a ovest e viene interessato prevalentemente all'alba e per un massimo 0:43 ore al giorno.



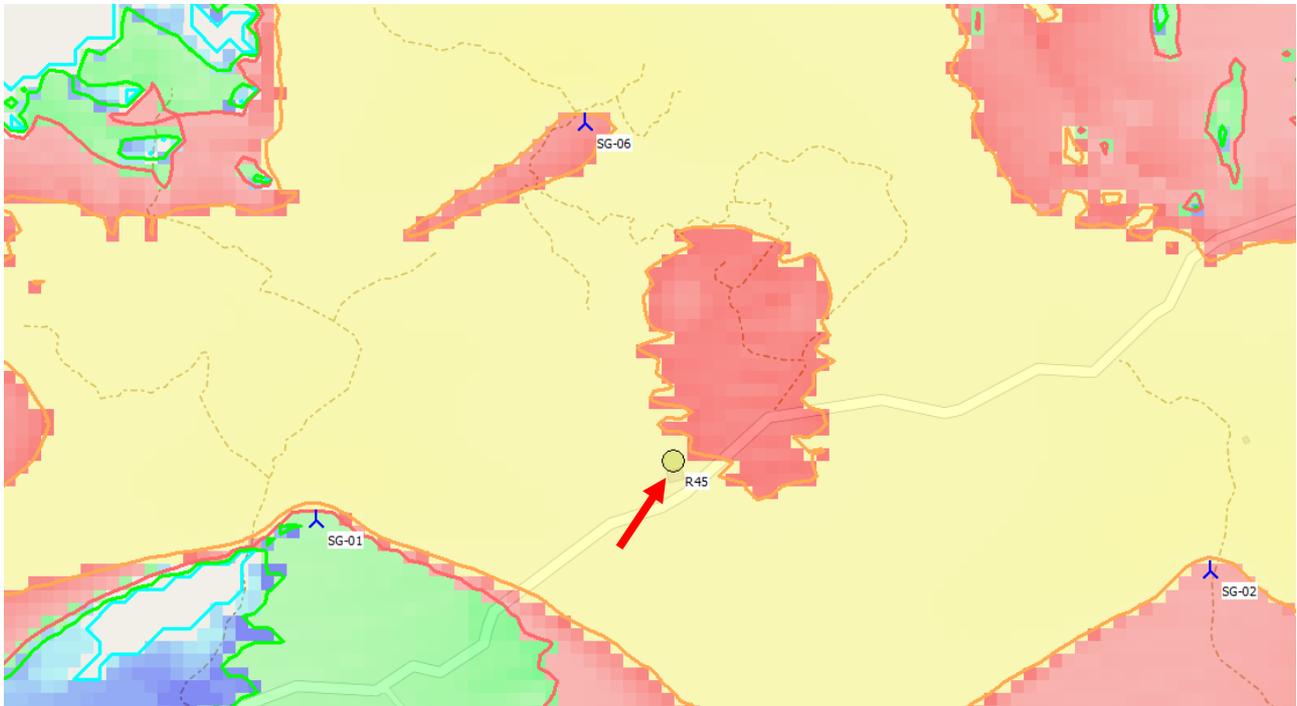
**Calculation: Shadow Worst Case    Shadow receptor: R45 - Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)**



WTGs

- SG-01: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (1)
- SG-02: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (2)
- SG-03: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (3)

**Figura 23** Diagramma grafico dei periodi dell'anno con indicazione dell'effetto shadow flickering subito dal ricettore



**Figura 24** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.

Per il ricettore R-45 in "WORST CASE", il fenomeno si può verificare nel corso di più periodi durante l'arco dell'anno, dovuto a ben tre aerogeneratori, due in maniera poco apprezzabile (SG-02 e SG-03) e uno in maniera più tangibile (SG-01). Il ricettore viene interessato sia all'alba sia al tramonto e per un massimo 1:34 ore giornaliere.

Dai risultati precedentemente esposti si evince che quasi tutti i ricettori considerati sono interessati dal fenomeno di *shadow flickering* in quanto caratterizzati da valori non nulli delle ore/anno, giorni/anno e ore/giorno di *shadow*, ad eccezione di uno (R-28)

Nella Tabella seguente vengono riportate, per ogni ricettore, le durate totali del fenomeno dello *shadow flickering* causato dalle relative turbine.

**Tabella 11** Tabella riepilogativa dei dati di Shadow per ogni ricettore

Ricettore	Turbine interessate	Shadow WORST CASE		
		Shadow ore per anno	Shadow giorni per anno	Shadow ore per giorno
R-15	SG-04	21:46	49	0:39
R-17	SG-04	148:00	131	1:31
R-23	SG-02	14:33	70	0:17
R-28	---	---	---	---
R-41	SG-02	42:14	86	0:43
R-45	SG-01	108:40	116	1:34
	SG-02			
	SG-03			

## 6.2 ANALISI DEI RISULTATI PER SINGOLO AEROGENERATORE (WORST CASE)

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati del calcolo del fenomeno di *shadow flickering* per singola turbina.

Tutti gli aerogeneratori proposti causano il fenomeno di *shadow flickering* sui ricettori selezionati ed analizzati nel presente lavoro ad eccezione degli aerogeneratori SG05 e SG06.

Nelle Tabelle che seguono sono mostrati i risultati principali per singola turbina nel *WORST CASE*.



**AEROGENERATORE SG-01**

**Tabella 12** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering indotti dall'aerogeneratore

Calculation: Shadow Worst Case WTG: SG-01 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m)

**Assumptions for shadow calculations**

The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:

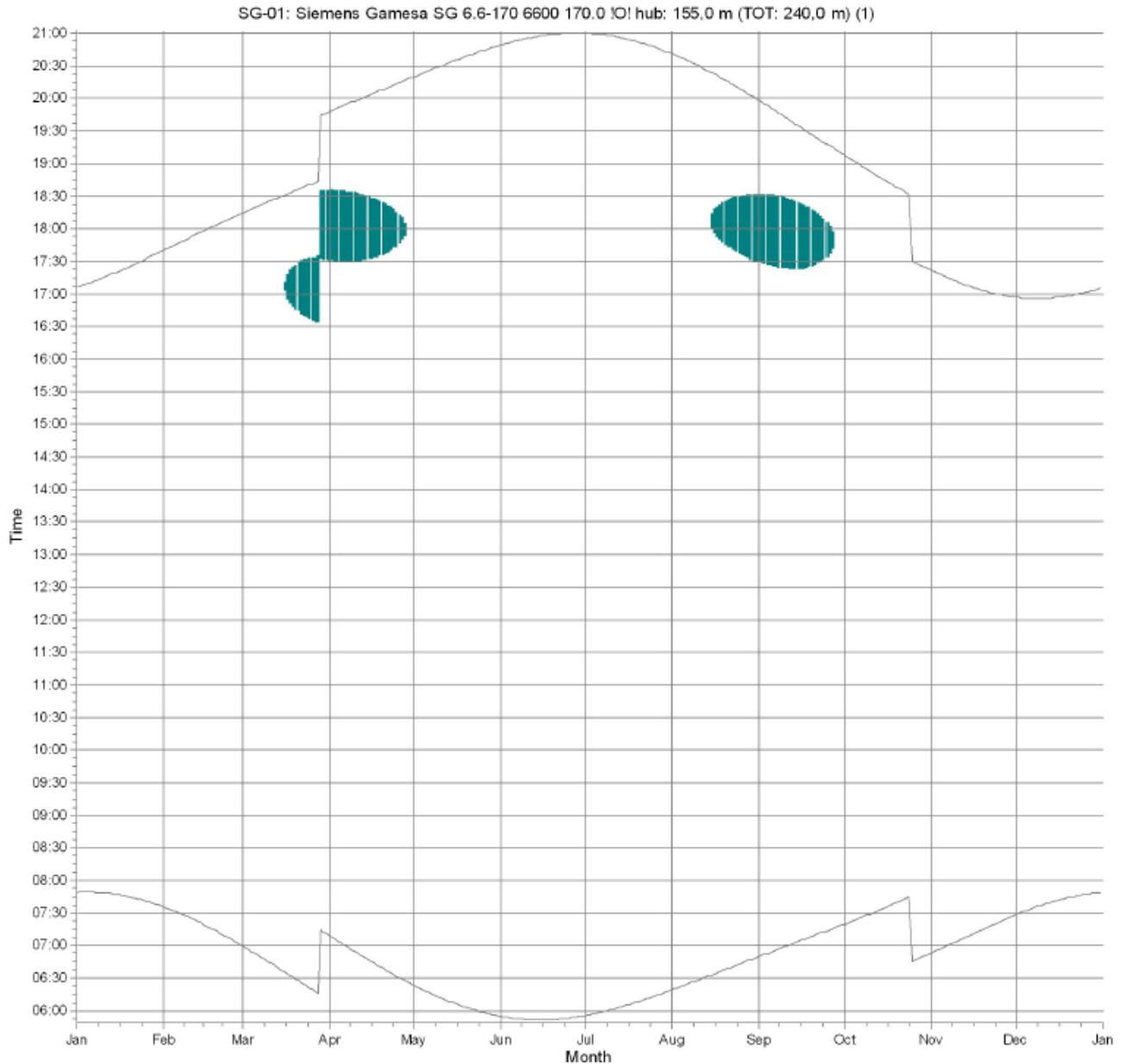
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset

The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun

The WTG is always operating

January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	
1   07:48	07:35	06:59	07:09	17:31-18:34(63)	06:23	05:54	06:19	06:49	17:30-18:30(60)	07:19	06:53	07:28
2   07:46	07:33	06:57	19:48	17:32-18:35(63)	20:19	20:09	20:59	19:58	17:29-18:30(61)	19:07	17:21	16:57
3   07:44	07:31	06:55	19:46	17:33-18:36(63)	20:20	20:10	20:55	19:56	17:28-18:30(62)	19:00	17:20	16:56
4   07:42	07:29	06:53	19:45	17:34-18:37(63)	20:21	20:11	20:54	19:55	17:27-18:30(63)	18:59	17:19	16:55
5   07:40	07:27	06:51	19:44	17:35-18:38(63)	20:22	20:12	20:53	19:54	17:26-18:30(64)	18:58	17:18	16:54
6   07:38	07:25	06:49	19:43	17:36-18:39(63)	20:23	20:13	20:52	19:53	17:25-18:30(65)	18:57	17:17	16:53
7   07:36	07:23	06:47	19:42	17:37-18:40(63)	20:24	20:14	20:51	19:52	17:24-18:30(66)	18:56	17:16	16:52
8   07:34	07:21	06:45	19:41	17:38-18:41(63)	20:25	20:15	20:50	19:51	17:23-18:30(67)	18:55	17:15	16:51
9   07:32	07:19	06:43	19:40	17:39-18:42(63)	20:26	20:16	20:49	19:50	17:22-18:30(68)	18:54	17:14	16:50
10   07:30	07:17	06:41	19:39	17:40-18:43(63)	20:27	20:17	20:48	19:49	17:21-18:30(69)	18:53	17:13	16:49
11   07:28	07:15	06:39	19:38	17:41-18:44(63)	20:28	20:18	20:47	19:48	17:20-18:30(70)	18:52	17:12	16:48
12   07:26	07:13	06:37	19:37	17:42-18:45(63)	20:29	20:19	20:46	19:47	17:19-18:30(71)	18:51	17:11	16:47
13   07:24	07:11	06:35	19:36	17:43-18:46(63)	20:30	20:20	20:45	19:46	17:18-18:30(72)	18:50	17:10	16:46
14   07:22	07:09	06:33	19:35	17:44-18:47(63)	20:31	20:21	20:44	19:45	17:17-18:30(73)	18:49	17:09	16:45
15   07:20	07:07	06:31	19:34	17:45-18:48(63)	20:32	20:22	20:43	19:44	17:16-18:30(74)	18:48	17:08	16:44
16   07:18	07:05	06:29	19:33	17:46-18:49(63)	20:33	20:23	20:42	19:43	17:15-18:30(75)	18:47	17:07	16:43
17   07:16	07:03	06:27	19:32	17:47-18:50(63)	20:34	20:24	20:41	19:42	17:14-18:30(76)	18:46	17:06	16:42
18   07:14	07:01	06:25	19:31	17:48-18:51(63)	20:35	20:25	20:40	19:41	17:13-18:30(77)	18:45	17:05	16:41
19   07:12	06:59	06:23	19:30	17:49-18:52(63)	20:36	20:26	20:39	19:40	17:12-18:30(78)	18:44	17:04	16:40
20   07:10	06:57	06:21	19:29	17:50-18:53(63)	20:37	20:27	20:38	19:39	17:11-18:30(79)	18:43	17:03	16:39
21   07:08	06:55	06:19	19:28	17:51-18:54(63)	20:38	20:28	20:37	19:38	17:10-18:30(80)	18:42	17:02	16:38
22   07:06	06:53	06:17	19:27	17:52-18:55(63)	20:39	20:29	20:36	19:37	17:09-18:30(81)	18:41	17:01	16:37
23   07:04	06:51	06:15	19:26	17:53-18:56(63)	20:40	20:30	20:35	19:36	17:08-18:30(82)	18:40	17:00	16:36
24   07:02	06:49	06:13	19:25	17:54-18:57(63)	20:41	20:31	20:34	19:35	17:07-18:30(83)	18:39	16:59	16:35
25   07:00	06:47	06:11	19:24	17:55-18:58(63)	20:42	20:32	20:33	19:34	17:06-18:30(84)	18:38	16:58	16:34
26   06:58	06:45	06:09	19:23	17:56-18:59(63)	20:43	20:33	20:32	19:33	17:05-18:30(85)	18:37	16:57	16:33
27   06:56	06:43	06:07	19:22	17:57-19:00(63)	20:44	20:34	20:31	19:32	17:04-18:30(86)	18:36	16:56	16:32
28   06:54	06:41	06:05	19:21	17:58-19:01(63)	20:45	20:35	20:30	19:31	17:03-18:30(87)	18:35	16:55	16:31
29   06:52	06:39	06:03	19:20	17:59-19:02(63)	20:46	20:36	20:29	19:30	17:02-18:30(88)	18:34	16:54	16:30
30   06:50	06:37	06:01	19:19	18:00-19:03(63)	20:47	20:37	20:28	19:29	17:01-18:30(89)	18:33	16:53	16:29
31   06:48	06:35	05:59	19:18	18:01-19:04(63)	20:48	20:38	20:27	19:28	17:00-18:30(90)	18:32	16:52	16:28
Sum of minutes with flicker	298	0	297	0	297	0	297	0	297	0	298	0
Potential sun hours	298	0	297	0	297	0	297	0	297	0	298	0
Sum of minutes with flicker	298	0	297	0	297	0	297	0	297	0	298	0

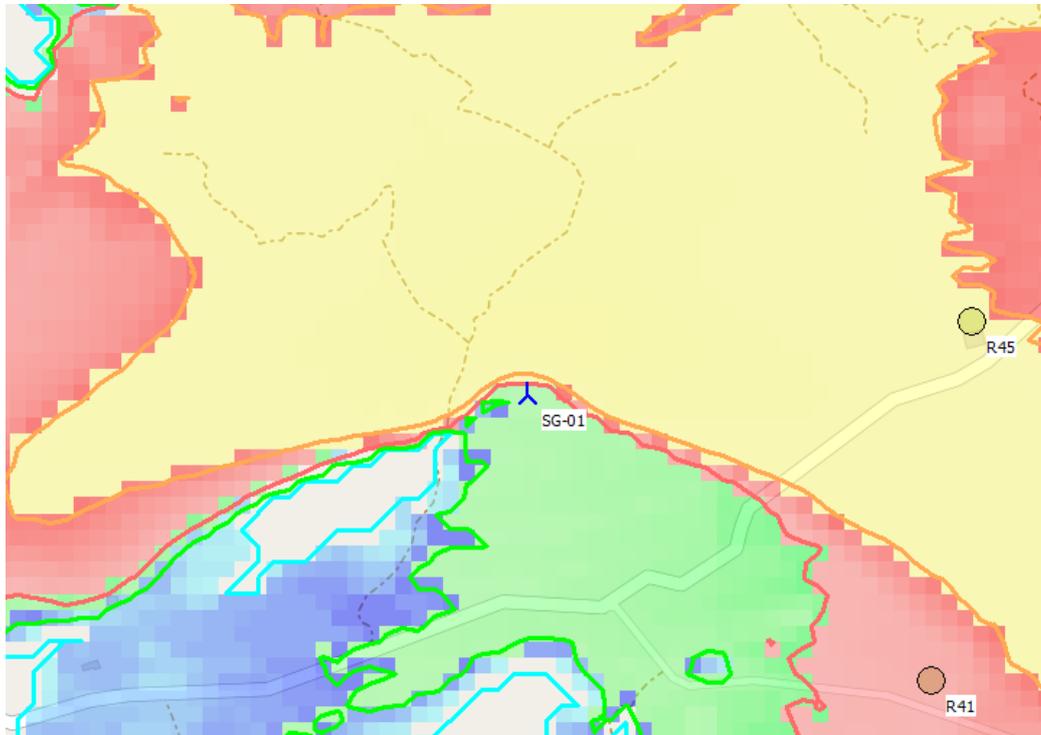
**Calculation: Shadow Worst Case WTG: SG-01 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (1)**



Shadow receptors

R45: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)

**Figura 25** *Diagramma grafico dei periodi dell'anno in cui si verifica l'effetto shadow flickering da parte dell'aerogeneratore*



**Figura 26** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno indotto dall'aerogeneratore

**AEROGENERATORE S-02**

**Tabella 13** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering indotti dall'aerogeneratore

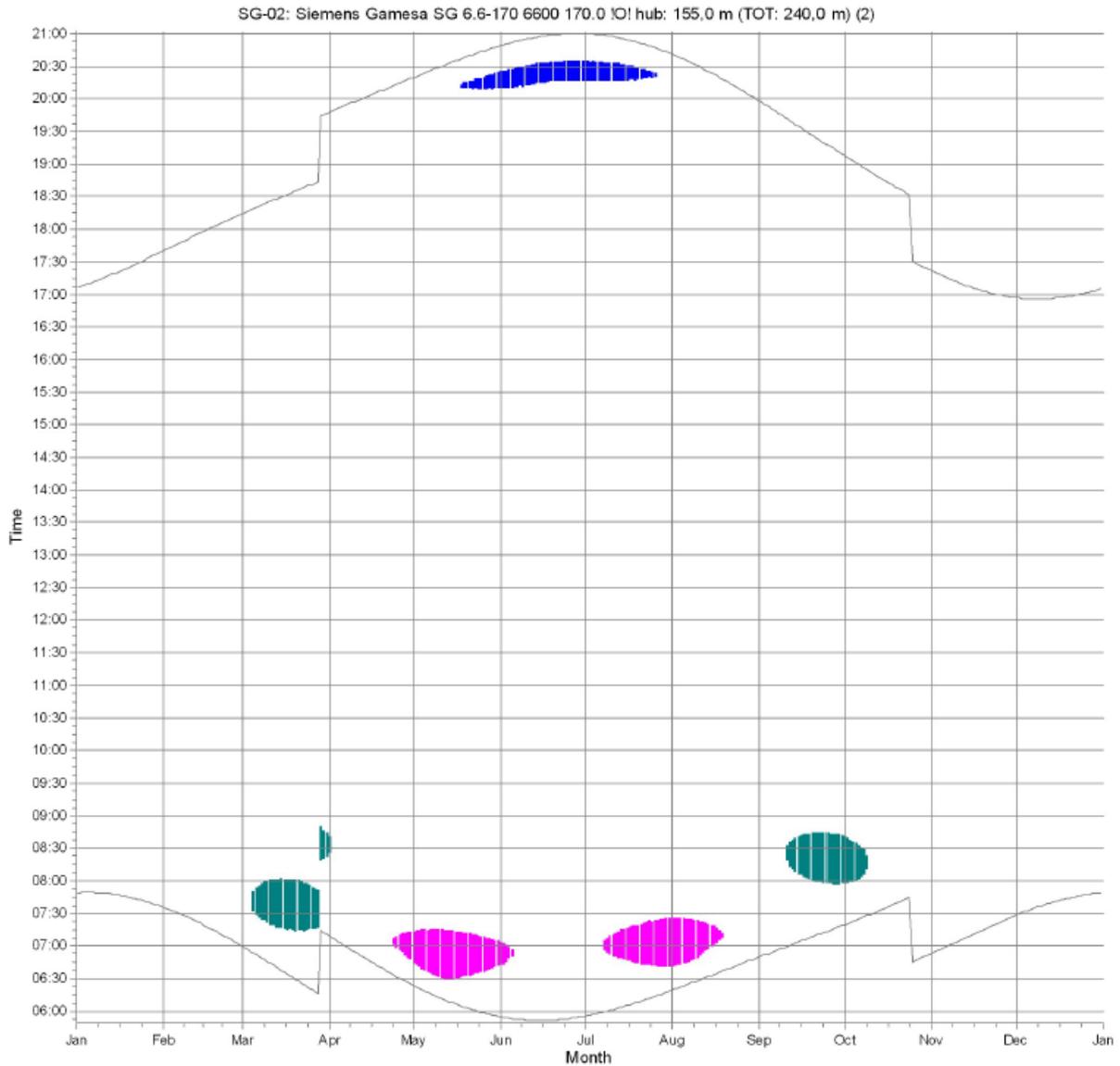
**Calculation:** Shadow Worst Case **WTG:** SG-02 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 2

**Assumptions for shadow calculations**

- The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
- The sun is shining all the day, from sunrise to sunset
- The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
- The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	107:08	107:35	107:59	108:09	108:09	108:09	108:09	108:09	108:09	108:09	108:09	108:09
2	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
3	107:06	107:06	107:06	107:06	107:06	107:06	107:06	107:06	107:06	107:06	107:06	107:06
4	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
5	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
6	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
7	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
8	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
9	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
10	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
11	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
12	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
13	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
14	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
15	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
16	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
17	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
18	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
19	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
20	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
21	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
22	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
23	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
24	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
25	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
26	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
27	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
28	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
29	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
30	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
31	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48	107:48
Potential sun hours	298	297	369	399	116	422	536	1022	428	537	375	750
Sum of minutes with flicker	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

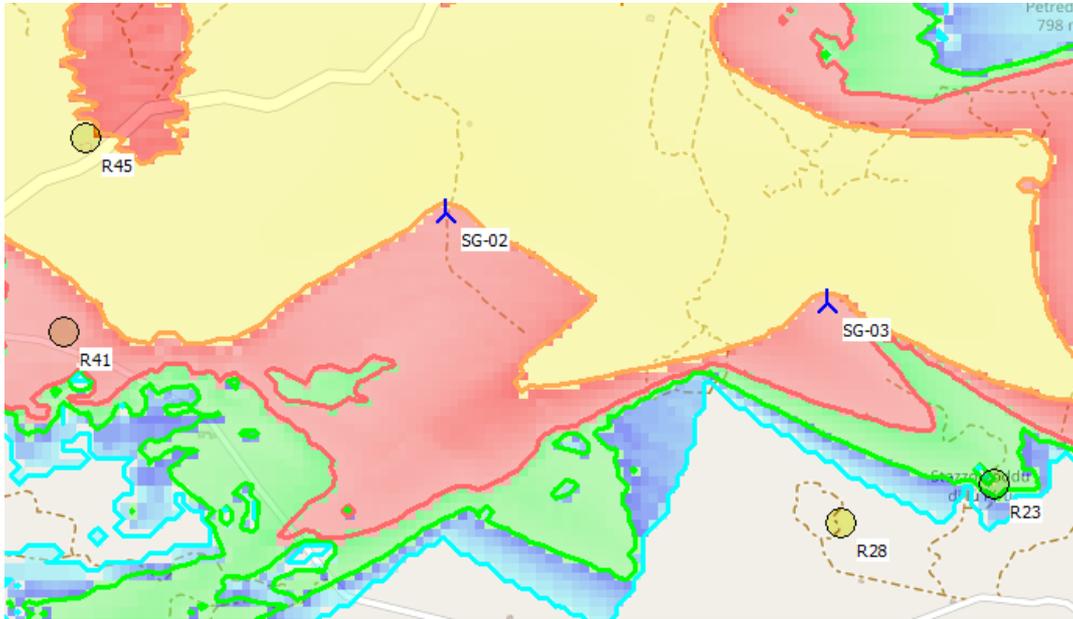
**Calculation: Shadow Worst Case WTG: SG-02 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (2)**



**Shadow receptors**

- R23: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)
- R41: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)
- R45: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)

**Figura 27** Diagramma grafico dei periodi dell'anno in cui si verifica l'effetto shadow flickering da parte dell'aerogeneratore



**Figura 28** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno indotto dall'aerogeneratore

**AEROGENERATORE S-03**

**Tabella 14** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering indotti dall'aerogeneratore

Calculation: Shadow Worst Case WTG: SG-03 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) ( Assumptions for shadow calculations

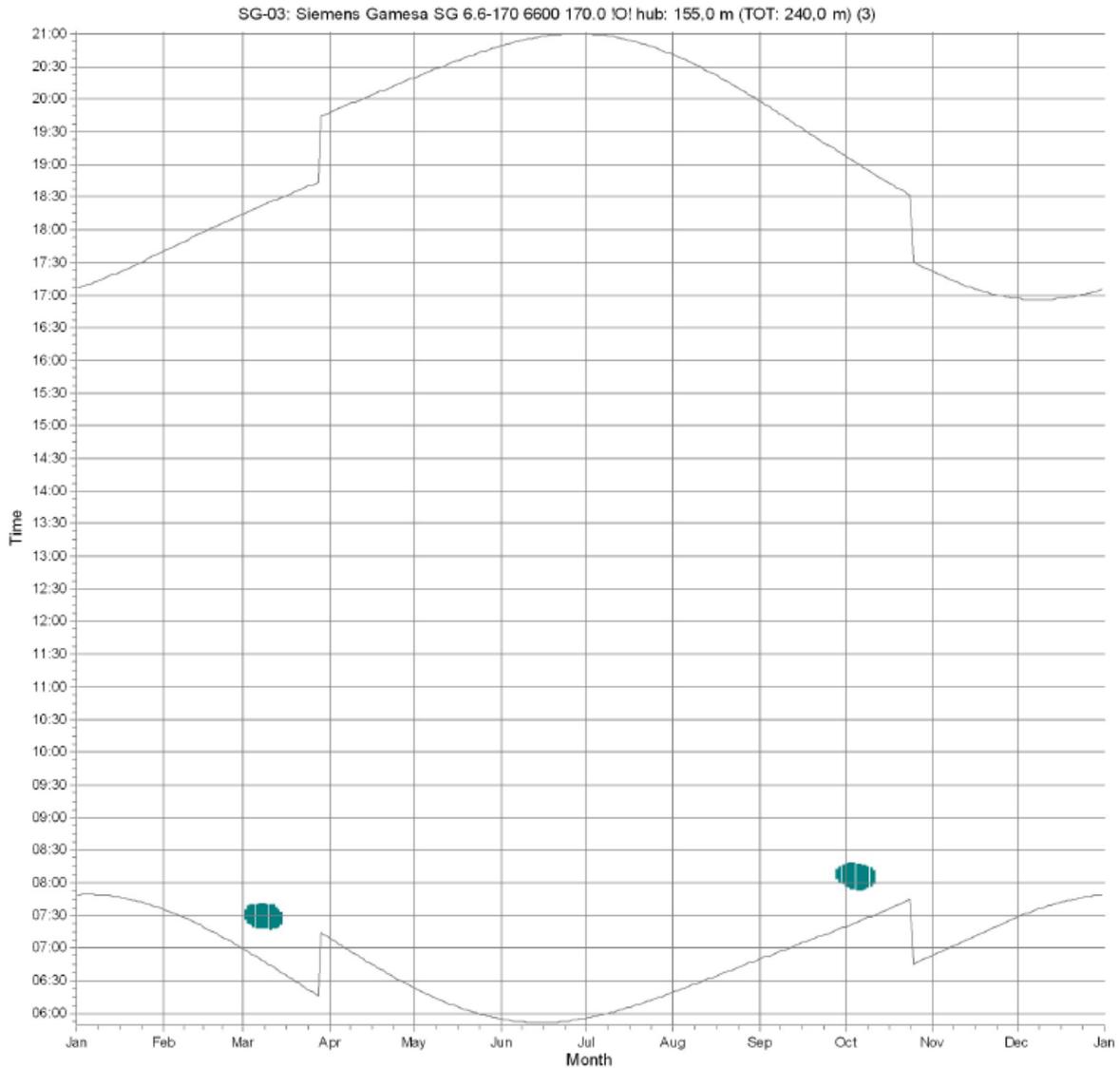
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset

The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun

The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December					
1	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
2	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
3	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
4	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
5	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
6	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
7	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
8	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
9	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
10	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
11	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
12	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
13	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
14	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
15	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
16	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
17	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
18	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
19	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
20	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
21	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
22	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
23	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
24	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
25	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
26	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
27	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
28	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
29	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
30	17:40	17:40	18:14	19:47	20:19	20:48	20:59	20:40	20:40	19:07	17:56	17:21	16:57	17:21			
31	07:48	07:35	08:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	07:57	08:16/19	06:53	07:28			
Sum of minutes with flicker	298	0	297	0	245	0	429	0	428	0	428	36	136	213	0	288	0

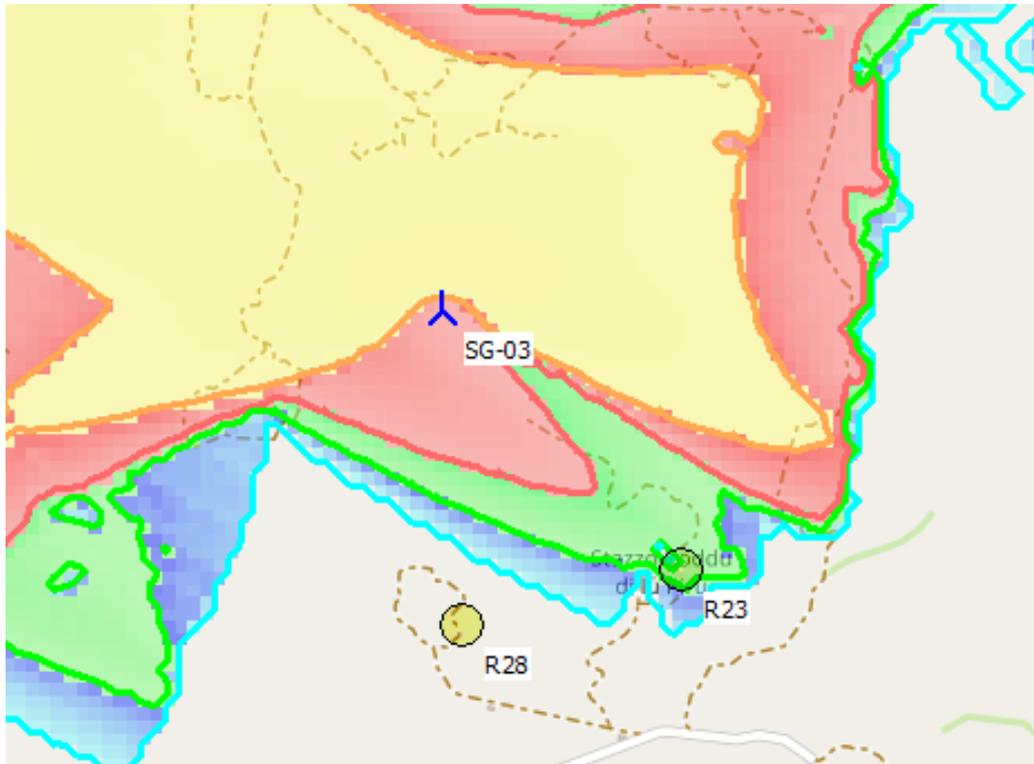
**Calculation:** Shadow Worst Case **WTG:** SG-03 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (3)



Shadow receptors

R45: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)

**Figura 29** *Diagramma grafico dei periodi dell'anno in cui si verifica l'effetto shadow flickering da parte dell'aerogeneratore*



**Figura 30** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno indotto dall'aerogeneratore

**AEROGENERATORE S-04**

**Tabella 15** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering indotti dall'aerogeneratore

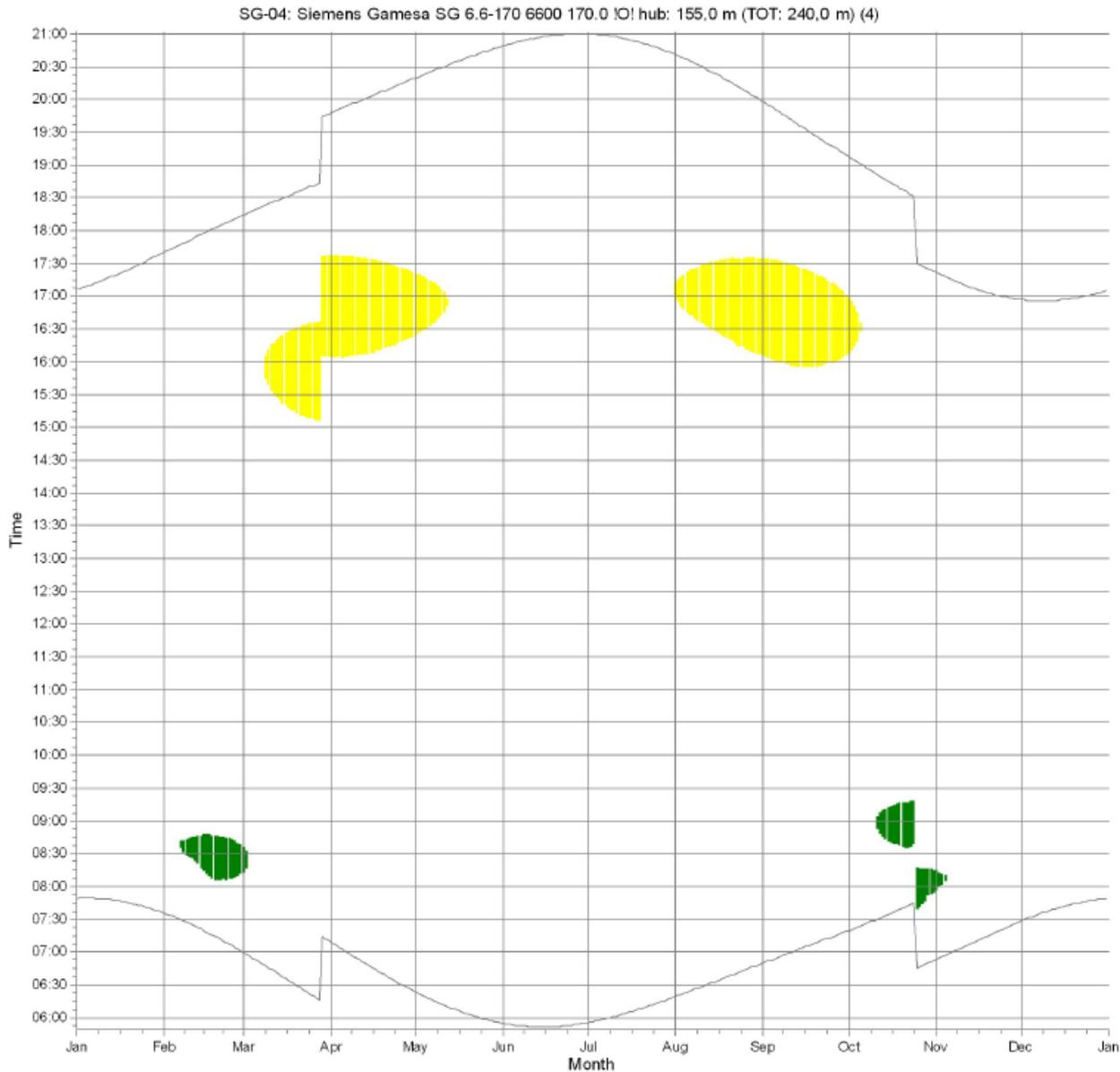
**Calculation:** Shadow Worst Case WTG: SG-04 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m)

**Assumptions for shadow calculations**

- The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
- The sun is shining all the day, from sunrise to sunset
- The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
- The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December								
1	07:48	07:35	06:59	08:13-08:34/21	07:09	16:05-17:35/90	06:23	16:25-17:19/54	05:54	05:55	06:19	16:59-17:10/11	06:49	16:06-17:33/87	07:19	16:09-16:57/48	06:53	07:57-08:13/16	07:28	
2	07:46	07:34	06:58	08:17-08:31/14	07:07	16:04-17:35/91	06:22	16:27-17:19/52	05:54	05:55	06:20	16:55-17:14/19	06:50	16:05-17:33/88	07:20	16:11-16:54/43	06:54	08:00-08:11/11	07:29	
3	07:48	07:33	06:56	07:05	16:05-17:36/91	06:20	16:28-17:18/50	05:53	05:56	06:21	16:51-17:16/25	06:51	16:04-17:33/89	07:21	16:15-16:50/35	06:55	08:03-08:10/8	07:30	07:30	07:30
4	07:48	07:32	06:55	07:04	16:04-17:35/91	06:19	16:30-17:16/46	05:53	05:56	06:22	16:48-17:18/30	06:52	16:03-17:32/89	07:22	16:19-16:44/25	06:57	08:05-08:09/4	07:31	07:31	07:31
5	07:48	07:31	06:55	07:02	16:04-17:35/91	06:18	16:31-17:14/43	05:53	05:57	06:22	16:46-17:20/34	06:53	16:00-17:32/90	07:23	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:32	07:32	07:32
6	07:48	07:30	06:51	07:00	16:05-17:35/90	06:17	16:33-17:13/40	05:52	05:57	06:23	16:44-17:22/38	06:54	16:01-17:32/91	07:24	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:33	07:33	07:33
7	07:48	07:29	06:50	06:59	16:05-17:35/90	06:16	16:34-17:11/36	05:52	05:58	06:24	16:42-17:23/41	06:55	16:00-17:32/91	07:25	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:34	07:34	07:34
8	07:48	07:28	06:49	06:57	16:06-17:35/89	06:14	16:37-17:10/33	05:52	05:59	06:25	16:40-17:24/44	06:56	16:00-17:32/91	07:26	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:35	07:35	07:35
9	07:48	07:28	06:49	06:56	16:06-17:35/89	06:14	16:38-17:08/28	05:52	05:59	06:26	16:38-17:25/47	06:57	15:58-17:29/91	07:27	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:36	07:36	07:36
10	07:48	07:25	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:12	16:42-17:08/23	05:51	06:00	06:27	16:37-17:27/50	06:58	15:58-17:28/90	07:28	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:37	07:37	07:37
11	07:48	07:24	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:12	16:42-17:08/23	05:51	06:01	06:29	16:35-17:28/53	06:59	15:57-17:27/89	07:31	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:38	07:38	07:38
12	07:48	07:23	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:10	16:52-16:57/5	05:51	06:02	06:30	16:33-17:28/53	06:59	15:56-17:28/89	07:33	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:39	07:39	07:39
13	07:48	07:22	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:09	16:58-17:04/8	05:51	06:03	06:31	16:32-17:28/53	06:59	15:56-17:28/89	07:35	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:40	07:40	07:40
14	07:47	07:20	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:08	16:58-17:04/8	05:51	06:04	06:32	16:31-17:28/53	06:59	15:56-17:28/89	07:37	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:41	07:41	07:41
15	07:47	07:18	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:08	16:58-17:04/8	05:51	06:05	06:33	16:30-17:28/53	06:59	15:56-17:28/89	07:39	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:42	07:42	07:42
16	07:46	07:18	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:06	16:58-17:04/8	05:51	06:06	06:34	16:29-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:41	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:43	07:43	07:43
17	07:45	07:14	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:05	16:58-17:04/8	05:51	06:07	06:35	16:28-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:43	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:44	07:44	07:44
18	07:45	07:13	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:04	16:58-17:04/8	05:51	06:08	06:36	16:27-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:45	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:45	07:45	07:45
19	07:45	07:12	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:03	16:58-17:04/8	05:51	06:09	06:37	16:26-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:47	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:46	07:46	07:46
20	07:44	07:12	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:02	16:58-17:04/8	05:51	06:10	06:38	16:25-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:49	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:47	07:47	07:47
21	07:44	07:11	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:01	16:58-17:04/8	05:51	06:11	06:39	16:24-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:51	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:48	07:48	07:48
22	07:43	07:10	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:12	06:40	16:23-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:53	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:49	07:49	07:49
23	07:42	07:08	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:13	06:41	16:22-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:55	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:50	07:50	07:50
24	07:42	07:07	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:14	06:42	16:21-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:57	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:51	07:51	07:51
25	07:41	07:06	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:15	06:43	16:20-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	07:59	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:52	07:52	07:52
26	07:41	07:05	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:16	06:44	16:19-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:01	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:53	07:53	07:53
27	07:41	07:04	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:17	06:45	16:18-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:03	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:54	07:54	07:54
28	07:40	07:03	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:18	06:46	16:17-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:05	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:55	07:55	07:55
29	07:39	07:02	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:19	06:47	16:16-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:07	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:56	07:56	07:56
30	07:38	07:01	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:20	06:48	16:15-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:09	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:57	07:57	07:57
31	07:36	07:00	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:21	06:49	16:14-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:11	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:58	07:58	07:58
32	07:36	06:59	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:22	06:50	16:13-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:13	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	07:59	07:59	07:59
33	07:36	06:58	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:23	06:51	16:12-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:15	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:00	08:00	08:00
34	07:36	06:57	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:24	06:52	16:11-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:17	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:01	08:01	08:01
35	07:36	06:56	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:25	06:53	16:10-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:19	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:02	08:02	08:02
36	07:36	06:55	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:26	06:54	16:09-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:21	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:03	08:03	08:03
37	07:36	06:54	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:27	06:55	16:08-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:23	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:04	08:04	08:04
38	07:36	06:53	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:28	06:56	16:07-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:25	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:05	08:05	08:05
39	07:36	06:52	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:29	06:57	16:06-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:27	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:06	08:06	08:06
40	07:36	06:51	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:30	06:58	16:05-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:29	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:07	08:07	08:07
41	07:36	06:50	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:31	06:59	16:04-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:31	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:08	08:08	08:08
42	07:36	06:49	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:32	07:00	16:03-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:33	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:09	08:09	08:09
43	07:36	06:48	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	06:33	07:01	16:02-17:31/64	06:59	15:56-17:28/89	08:35	16:29-16:34/45	06:59	08:05-08:09/4	08:10	08:10	08:10
44	07:36	06:47	06:48	06:54	16:06-17:35/88	06:00	16:58-17:04/8	05:51	0											

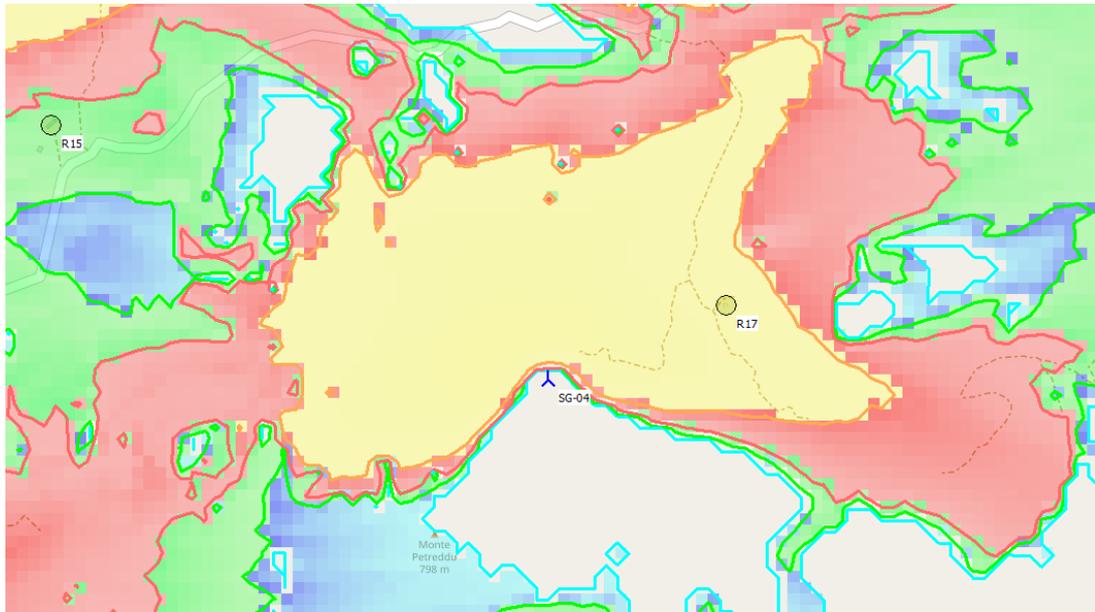
**Calculation: Shadow Worst Case WTG: SG-04 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !0! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (4)**



Shadow receptors

- R15: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)
- R17: Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)

**Figura 31** Diagramma grafico dei periodi dell'anno in cui si verifica l'effetto shadow flickering da parte dell'aerogeneratore



**Figura 32** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno indotto dall'aerogeneratore

**AEROGENERATORE S-05**

**Tabella 16** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering indotti dall'aerogeneratore

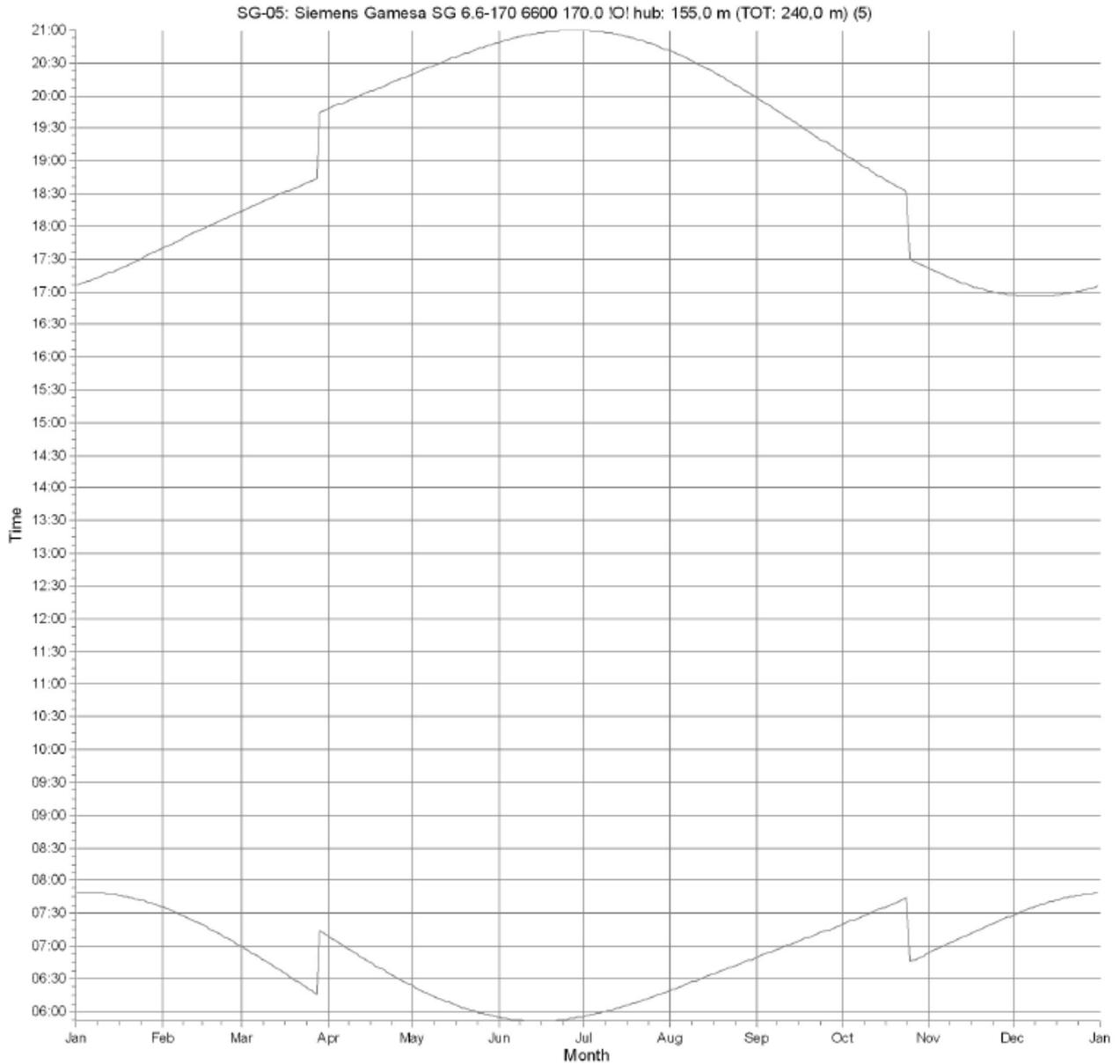
**Calculation:** Shadow Worst Case **WTG:** SG-05 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 24

**Assumptions for shadow calculations**

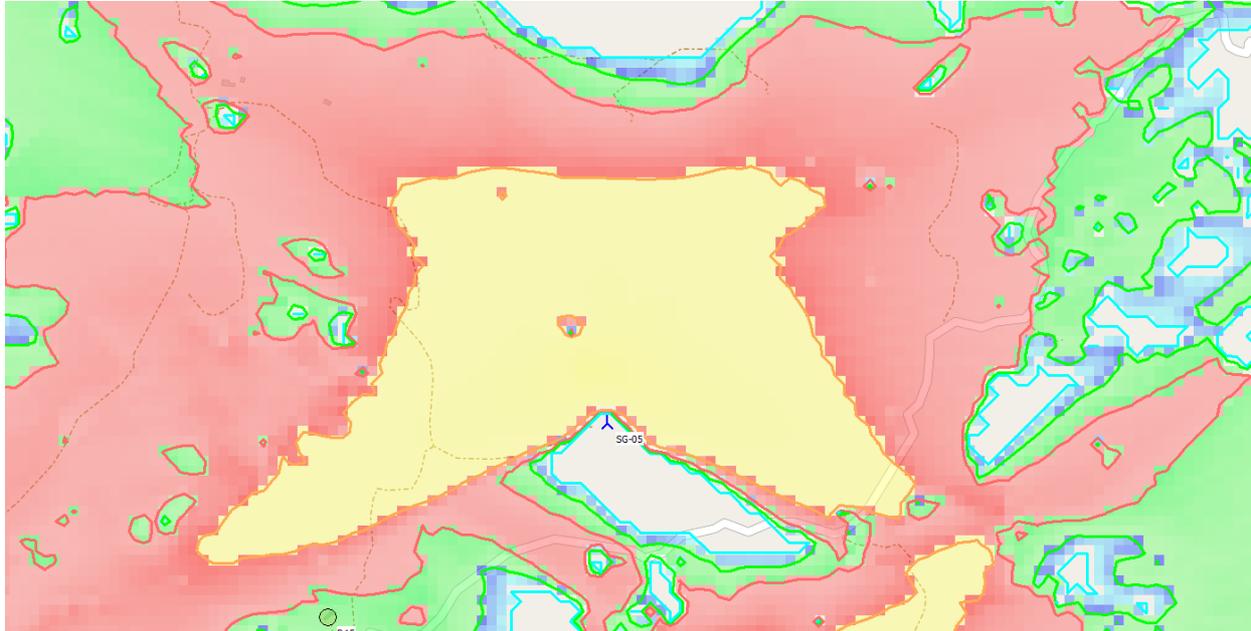
- The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:
- The sun is shining all the day, from sunrise to sunset
- The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun
- The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
2	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
3	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
4	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
5	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
6	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
7	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
8	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
9	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
10	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
11	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
12	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
13	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
14	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
15	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
16	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
17	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
18	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
19	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
20	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
21	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
22	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
23	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
24	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
25	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
26	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
27	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
28	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
29	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
30	07:48	07:35	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28	07:28
31	07:36	07:10	06:46	05:56	05:35	05:18	06:08	06:48	07:18	06:52	07:48	07:48
Sum of minutes with flicker	298	297	369	399	448	462	459	428	375	345	298	288

**Calculation: Shadow Worst Case WTG: SG-05 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (5)**



**Figura 33** Diagramma grafico dei periodi dell'anno in cui si verifica l'effetto shadow flickering da parte dell'aerogeneratore



**Figura 34** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno indotto dall'aerogeneratore

**AEROGENERATORE S-06**

**Tabella 17** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering indotti dall'aerogeneratore

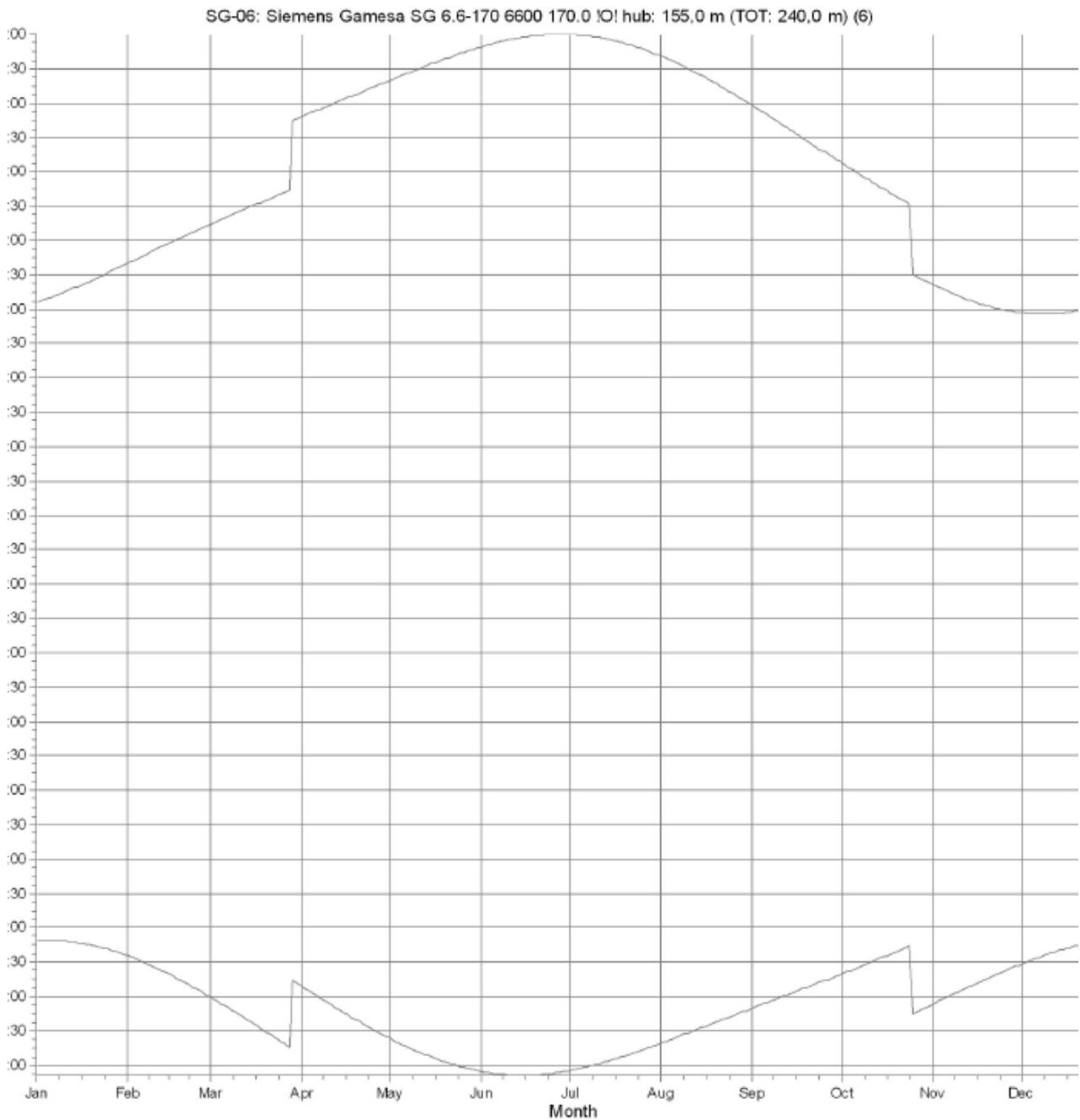
Calculation: Shadow Worst Case WTG: SG-06 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0 m) (6)

**Assumptions for shadow calculations**

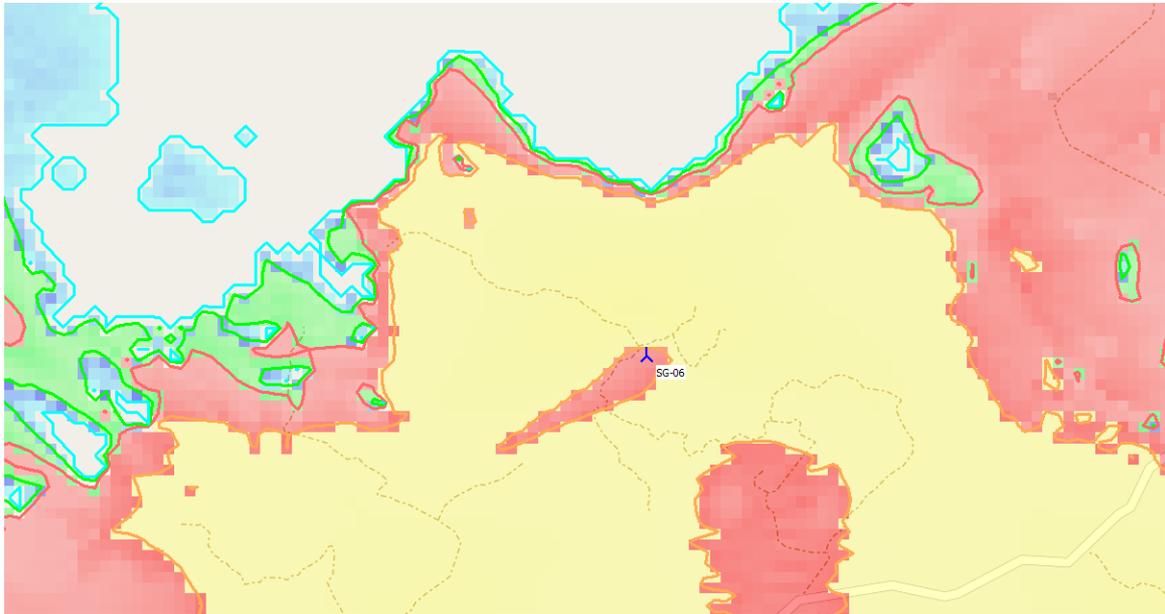
The calculated times are "worst case" given by the following assumptions:  
The sun is shining all the day, from sunrise to sunset  
The rotor plane is always perpendicular to the line from the WTG to the sun  
The WTG is always operating

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	07:48	07:35	06:59	07:09	06:23	05:54	05:35	06:19	07:19	06:53	07:28	07:28
2	17:06	17:40	18:14	19:48	20:19	20:59	20:59	20:41	19:56	19:07	17:21	16:57
3	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
4	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
5	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
6	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
7	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
8	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
9	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
10	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
11	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
12	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
13	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
14	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
15	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
16	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
17	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
18	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
19	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
20	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
21	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
22	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
23	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
24	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
25	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
26	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
27	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
28	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
29	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
30	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
31	17:06	17:44	18:15	19:49	20:20	20:49	20:59	20:59	19:56	19:06	17:20	16:56
Sum of minutes with flicker	298	0	297	0	448	0	459	0	438	0	345	298

**tion: Shadow Worst Case WTG: SG-06 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 155,0 m (TOT: 240,0**



**Figura 35** Diagramma grafico dei periodi dell'anno in cui si verifica l'effetto shadow flickering da parte dell'aerogeneratore



**Figura 36** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno indotto dall'aerogeneratore

## 7 METODOLOGIA DI CALCOLO "REAL CASE" DELLO SHADOW FLICKERING

Come già riportato nei paragrafi precedenti, i diagrammi e le liste elaborati nel WORST CASE, sono rappresentativi delle condizioni di uno *shadow flickering* che nella realtà non hanno alcuna possibilità di verificarsi. In particolare, nei documenti citati, viene riportato il valore massimo di ore /anno di ombreggiamento su superficie orizzontale in ciascun punto nell'intorno delle opere in progetto. Tale valore massimo di ombreggiamento rappresenta pertanto il numero di ore di fenomeno di *shadow flickering* che non ha alcuna probabilità di essere superato nel corso di un anno. Dal punto di vista matematico, tale valore prende il nome di P0, ovverosia quel numero di ore di fenomeno di *shadow flickering* che ha una probabilità dello zero per cento di essere superato nel corso di un anno.

Per quanto riguarda il "REAL CASE" si hanno più opzioni di valutazione tra cui scegliere come, per esempio, il calcolo del P50 che, per analogia, è un'estensione del concetto precedente (P0) e cioè quel valore di ore di fenomeno di shadow flickering che ha una probabilità del 50 per cento (P50) di essere superato nel corso di un anno. In pratica, ogni anno si hanno le stesse probabilità (50%) di stare sopra o di stare sotto a questo valore P50. Orbene, per la legge dei grandi numeri, si ha che nel corso di un periodo di molti anni (al quale può essere assimilato il periodo ventennale ed oltre di vita attesa dell'impianto) il valore medio di un qualunque fenomeno stocastico tende ad approssimare proprio il valore P50.

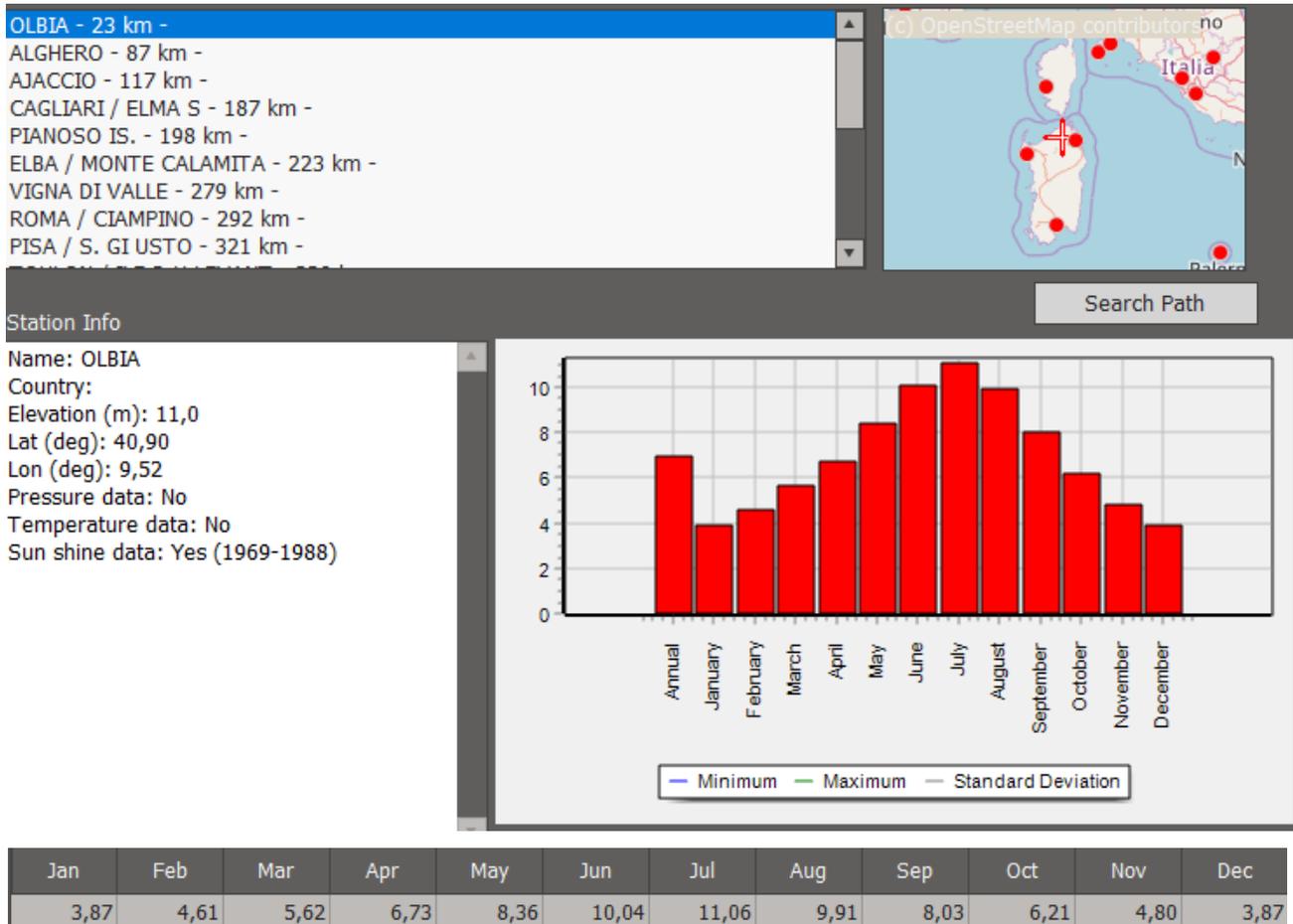
Un'altra opzione di calcolo dello shadow flickering, sempre nel caso del Real Case, è basata sull'interpolazione dei dati statistici di ore di sole ricavati da data base di stazioni climatiche presenti nell'intorno delle aree di studio e le ore attese di operatività dell'impianto.

Entrambi i metodi si basano sulle cosiddette incertezze date dalla possibile presenza di manto nuvoloso, assenza di vento e orientamento del rotore in direzione non ortogonale alla congiungente ricettore-sole, ma sicuramente il secondo metodo, essendo basato su dati statistici (in genere raccolti in decine di anni), è quello che più si avvicina alla realtà dei luoghi e all'attività attesa.

Per il caso in esame, essendo in possesso dei dati necessari, si è optato per il calcolo del Real Case basato su dati statistici. Ritornando al discorso della quantificazione delle incertezze, la prima incertezza (ovvero quella dovuta alla possibile presenza di manto nuvoloso) può essere determinata sulla base della probabilità mensile di presenza di radiazione solare diretta desumibile o da stazioni meteorologiche o da rilevamenti satellitari. In particolare, per il progetto in esame si è utilizzata la banca dati ultra ventennale della stazione climatica "Olbia".

I risultati per il progetto in esame vengono mostrati nella seguente tabella.

**Tabella 18** Output dei dati di DSH tratto dalla banca dati della stazione climatica di "Olbia".



Sulla base di questi dati è possibile quantificare l'errore percentuale che si commette nell'ipotizzare l'assenza di manto nuvoloso. Tale errore (da intendersi matematicamente come incertezza percentuale) viene definito per fasce orarie mensili.

Per quanto riguarda le altre due incertezze, similmente a quanto appena descritto e a partire dall'analisi dei dati anemometrici e dalla producibilità attesa del sito, è possibile quantificare le ore di operatività dell'impianto per settore di provenienza (tabella seguente fornita dal committente) così come l'errore percentuale che si commette nell'ipotizzare l'orientamento del rotore in direzione sempre ortogonale alla congiungente ricettore-sole.

**Tabella 19** Output delle ore di operatività attesa per i 16 settori di provenienza.

table	348,75° - 11,25°	11,25° - 33,75°	33,75° - 56,25°	56,25° - 78,75°	78,75° - 101,25°	101,25° - 123,75°	123,75° - 146,25°	146,25° - 168,75°	168,75° - 191,25°	191,25° - 213,75°	213,75° - 236,25°	236,25° - 258,75°	258,75° - 281,25°	281,25° - 303,75°	303,75° - 326,25°	326,25° - 348,75°	TOT ore anno
3,50 m/s	36,39	42,78	43,34	54,75	63,51	89,02	67,23	33,99	24,55	15,36	19,96	47,66	95,82	94,77	62,72	40,69	
4,50 m/s	27,59	38,47	41,57	49,91	67,93	87,72	61,54	26,42	12,05	11,76	17,68	49,94	127,50	113,89	69,07	33,17	
5,50 m/s	21,36	28,34	33,25	44,90	56,03	70,81	51,70	19,53	8,75	10,45	20,07	48,43	161,46	109,36	49,55	21,08	
6,50 m/s	15,20	21,99	29,34	35,71	42,13	58,96	42,21	17,46	7,36	8,63	21,63	59,49	163,17	106,48	50,10	13,70	
7,50 m/s	11,77	19,20	26,58	29,68	29,23	44,93	36,14	14,98	6,89	8,19	22,29	63,63	167,10	96,21	16,83	9,00	
8,50 m/s	9,91	20,76	29,23	25,77	19,75	37,98	35,36	9,25	5,16	8,73	21,47	58,75	178,93	77,57	10,50	5,75	
9,50 m/s	6,04	20,79	28,88	18,33	15,68	24,65	24,18	6,32	4,00	6,69	18,77	53,27	171,82	69,06	8,87	3,05	
10,50 m/s	4,01	18,71	28,55	19,62	10,71	15,37	17,48	3,48	2,61	5,84	17,55	50,69	152,97	58,60	7,80	2,64	
11,50 m/s	2,39	15,28	27,07	17,48	6,96	12,75	16,41	2,42	1,76	4,28	15,45	40,22	142,66	55,06	5,72	1,88	
12,50 m/s	1,73	11,27	22,15	13,90	4,92	11,75	15,18	1,73	1,00	3,89	12,35	33,62	128,79	57,93	4,20	1,13	
13,50 m/s	1,70	7,90	15,19	9,71	4,35	9,51	11,42	0,90	0,26	4,13	8,78	32,05	108,38	62,79	4,07	0,67	
14,50 m/s	0,83	6,96	12,80	4,17	3,97	6,34	7,57	0,65	0,03	3,85	6,60	21,94	91,70	59,62	4,94	0,75	
15,50 m/s	0,32	5,21	8,87	2,58	3,40	4,84	6,40	0,39	0,11	1,47	4,13	15,15	78,88	57,70	3,97	0,20	
16,50 m/s	0,16	2,82	6,27	1,34	1,95	5,10	4,64	0,23	0,07	0,38	2,08	9,07	62,77	53,54	2,93	0,00	
17,50 m/s	0,11	1,04	4,61	0,46	1,25	4,67	2,41	0,11	0,00	0,16	0,81	4,79	45,67	46,64	1,99	0,00	
18,50 m/s	0,03	0,69	3,24	0,13	1,91	2,39	0,43	0,00	0,00	0,13	0,99	3,00	31,17	37,83	1,43	0,00	
19,50 m/s	0,13	0,59	2,08	0,02	1,16	1,62	0,18	0,00	0,00	0,02	0,39	2,14	19,26	30,62	2,10	0,00	
20,50 m/s	0,04	1,68	1,94	0,00	0,45	0,79	0,04	0,00	0,00	0,20	1,47	13,91	24,45	2,00	0,00		
21,50 m/s	0,00	1,31	1,09	0,00	0,25	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,85	8,85	19,83	1,79	0,00	
22,50 m/s	0,00	0,43	0,21	0,00	0,53	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	4,40	16,63	1,28	0,00		
23,50 m/s	0,00	0,00	0,20	0,00	0,65	0,14	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,14	2,24	13,80	0,32	0,00	
24,50 m/s	0,00	0,00	0,18	0,00	0,26	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	1,39	8,15	0,31	0,00		
25,50 m/s	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,82	4,76	0,21	0,00	
26,50 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,08	0,40	3,37	0,16	0,00		
27,50 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,16	2,81	0,11	0,00		
28,50 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,14	1,48	0,00	0,00		
29,50 m/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00		
Ore complessive per settore	140	266	369	328	337	493	403	137	76	96	210	597	2001	1286	293	134	7165

N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
140	266	369	328	337	493	403	137	76	96	210	597	2.000	1.277	293	134

In "Operational Time" sono indicate, in genere, le ore di operatività delle macchine per cui si prevede una velocità del vento superiore al Cut-In dell'aerogeneratore (3 m/s) e inferiore al suo Cut-Off (25 m/s): prima del Cut-in e oltre il Cut-Off il rotore sarà fermo e non produrrà alcun effetto di Shadow Flickering ma solo una Fixed Shadow delle 3 pale. Bisogna considerare, inoltre, che fino a circa 4-5 m/s le rotazioni RPM sono molto lievi (Idling) ma si è deciso di mantenere comunque queste ore "Very Low Work" per una maggiore sicurezza. Si otterrà una riduzione sul totale delle ore/anno stimate nel 16,97%.

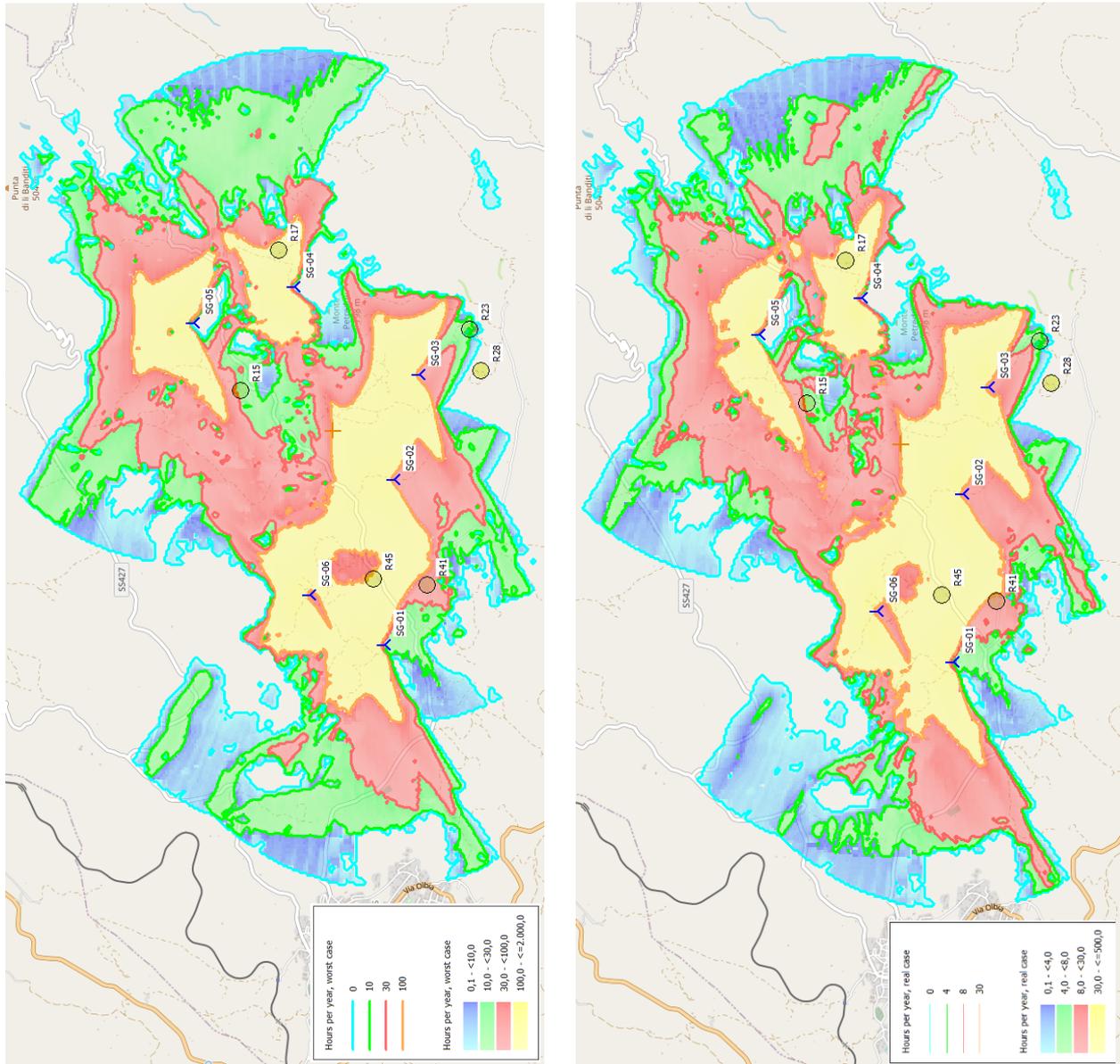
Oltre che delle medie giornaliere di irraggiamento solare e delle ore di operatività per i 16 settori, il calcolo terrà conto delle seguenti ipotesi:

- Altezza minima di 3° gradi sopra l'orizzonte per l'influenza del sole;
- Nessun limite spaziale alla distanza di influenza;
- Day step di 1 giorno;
- Time step di 1 minuto;
- Dati altimetrici Project Wizard Elevation Data Grid (Italian Elevation Model (TINITALY) - 10m);
- Altezza di visuale di calcolo ZVI di 1,5 m;
- Risoluzione griglia di calcolo ZVI di 1,0 m;
- Ombre topografiche incluse nel calcolo.;

Interpolando i dati precedenti si ottiene la stima del fenomeno nel *REAL CASE* calcolata per ogni periodo e per ogni ricettore o turbina come riportato di seguito.

## 8 RISULTATI DI CALCOLO NEL CASO "REAL CASE"

Di seguito si riportano i risultati di Worst e Real Case sia attraverso il confronto delle mappe sia attraverso opportuna tabella del valore massimo di ombreggiamento annuo su superficie orizzontale indotta dalle opere in progetto.



**Figura 37** Rappresentazioni grafiche dell'ombreggiamento messe a confronto: "Worst Case" a sinistra e "Real Case" a destra

**Tabella 20** Confronto tra i risultati di Worst e Real Case dello Shadow F. dovuto agli aerogeneratori di progetto

<b>Turbina</b>	<b>Shadow WORST CASE (ore / anno)</b>	<b>Shadow REAL CASE (ore / anno)</b>	<b>Percentuale di decremento delle ore/anno di shadow da worst a real case</b>
<b>SG-01</b>	72,01	28,38	-60,59%
<b>SG-02</b>	90,25	36,41	-59,66%
<b>SG-03</b>	8,14	2,47	-69,66%
<b>SG-04</b>	169,46	64,11	-62,17%
<b>SG-05</b>	0	0	0
<b>SG-06</b>	0	0	0

Come si può notare dal confronto proposto, sia nell'immagine sia nella tabella precedente, con il calcolo in Real Case si ha un sensibile abbattimento delle ore di shadow flickering per anno. A seguire un'analisi puntuale per ogni ricettore.

8.1 ANALISI DEI RISULTATI "REAL CASE"

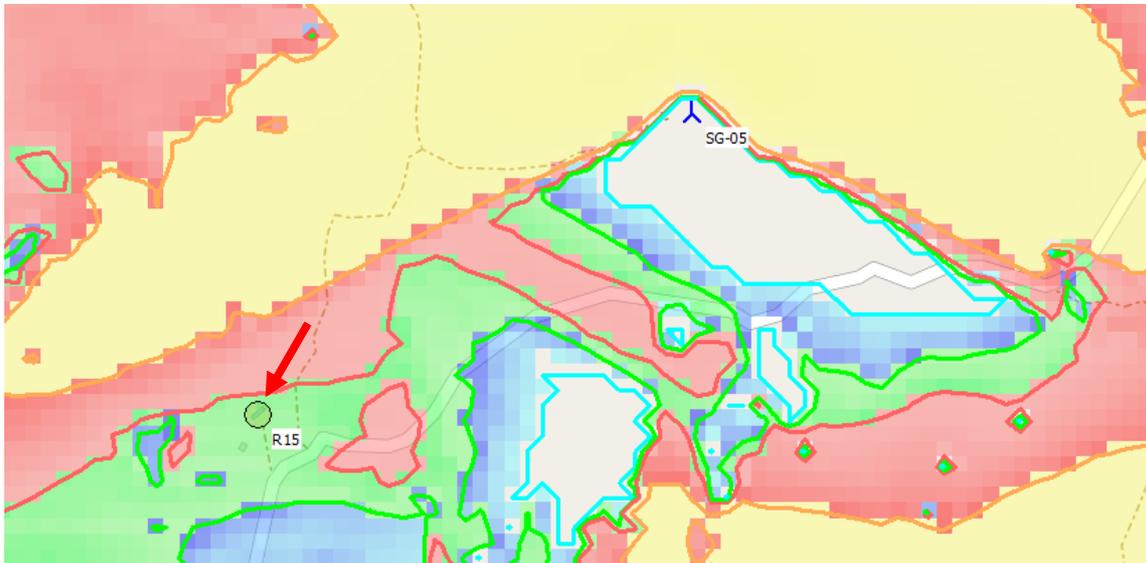
**RICETTORE R-15**

Tabella 21 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

Calculation: Shadow Real Case Shadow receptor: R15 - Shadow receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)  
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [OLBIA]  
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec  
3,87 4,61 5,62 6,73 8,36 10,04 11,06 9,91 8,03 6,21 4,80 3,87

Operational time

	January	February	March	April	May	June	July	August	September/October	November	December							
N	140	266	369	328	337	493	403	137	76	96	210	597	2.000	1.277	293	134	7.156	
ENE	06:59	06:54	06:50	06:49	06:43	06:40	06:39	06:38	06:37	06:36	06:35	06:34	06:33	06:32	06:31	06:30	06:29	
SE	08:36 (56:04)	08:34 (55:04)	08:33 (54:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	08:31 (53:04)	
E	08:40 (56:04)	08:38 (55:04)	08:37 (54:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	08:35 (53:04)	
SSW	08:44 (56:04)	08:42 (55:04)	08:41 (54:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	08:39 (53:04)	
SW	08:48 (56:04)	08:46 (55:04)	08:45 (54:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	08:43 (53:04)	
WSW	08:52 (56:04)	08:50 (55:04)	08:49 (54:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	08:47 (53:04)	
W	08:56 (56:04)	08:54 (55:04)	08:53 (54:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	08:51 (53:04)	
NNW	09:00 (56:04)	08:58 (55:04)	08:57 (54:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	08:55 (53:04)	
NNW	09:04 (56:04)	09:02 (55:04)	09:01 (54:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	08:59 (53:04)	
Sum	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
Potential cur. hours	297	297	369	399	446	462	469	428	375	345	322	296	288	266	248	230	212	
Total worst case	0,43	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	
Sun reduction	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	
Oper. time red.	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	
Wind dir. red.	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	
Total reduction	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	
Total, real																		



**Figura 38** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.



**Figura 39** immagine satellitare e foto del ricettore

Per il ricettore REC-15 si ha una classificazione catastale "C02", quindi magazzini o depositi. Il ricettore sembrerebbe subire il fenomeno dello shadow per un massimo di circa 6 ore l'anno. Quindi si può concludere che per il ricettore in questione il fenomeno è irrilevante.

**RICETTORE R-17**

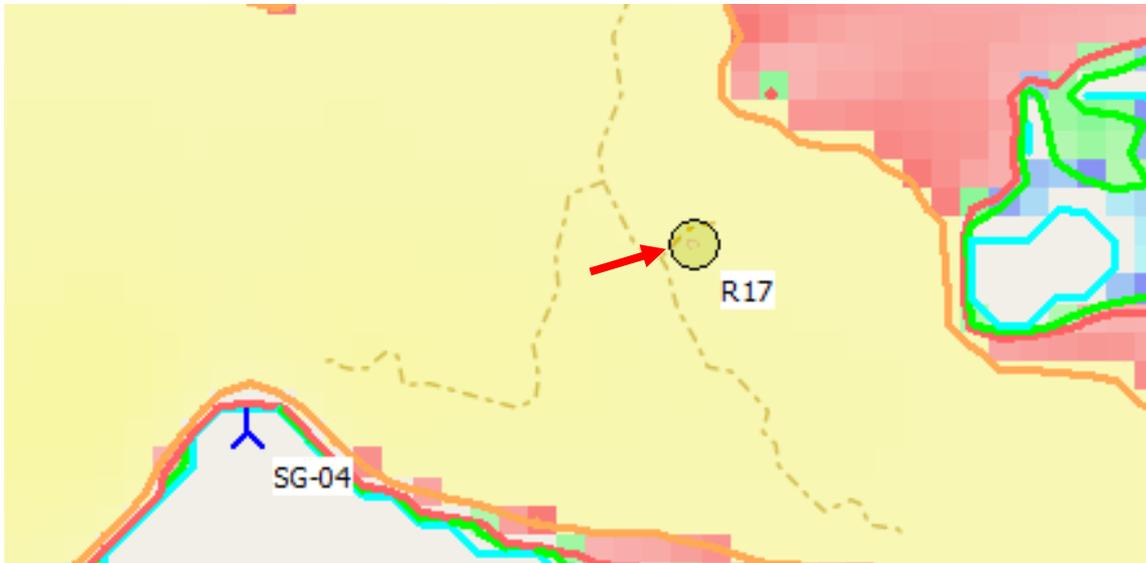
Tabella 22 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

Calculation: Shadow Real Case Shadow receptor: R17 - Shadow receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)  
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [OLBIA]  
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec  
3,87 4,61 5,62 6,73 8,36 10,04 11,06 9,91 8,03 6,21 4,80 3,87

Operational time

N NNE NE E ESE SE SSE S SSW SW WSW W WNW NW NNW Sum  
140 266 369 328 337 493 403 137 76 96 210 597 2.000 1.277 293 134 7.156

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Potential sun hours	257	267	289	299	448	452	453	428	375	346	298	288
Total wind cases	1595	1617	1736	1736	2389	2448	2452	2384	2060	1866	1586	1506
Sun reduction	0,51	0,47	0,52	0,52	0,58	0,58	0,58	0,54	0,46	0,43	0,37	0,36
Oper. time red.	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Wind dir. red.	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Total reduction	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



**Figura 40** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.



**Figura 41** immagine satellitare e foto del ricettore

Per il ricettore R-17 si ha una classificazione catastale "C02", quindi magazzini o depositi. In real case si ha una stima del fenomeno di shadow flickering di circa 57 ore l'anno, valore sovrastimato in quanto non si tiene conto della presenza della vegetazione ad alto fusto e dell'orografia complessa attorno al ricettore che mascherano e riducono ulteriormente il fenomeno.

Quindi si può concludere che, anche se presente, il fenomeno può essere ritenuto irrilevante.

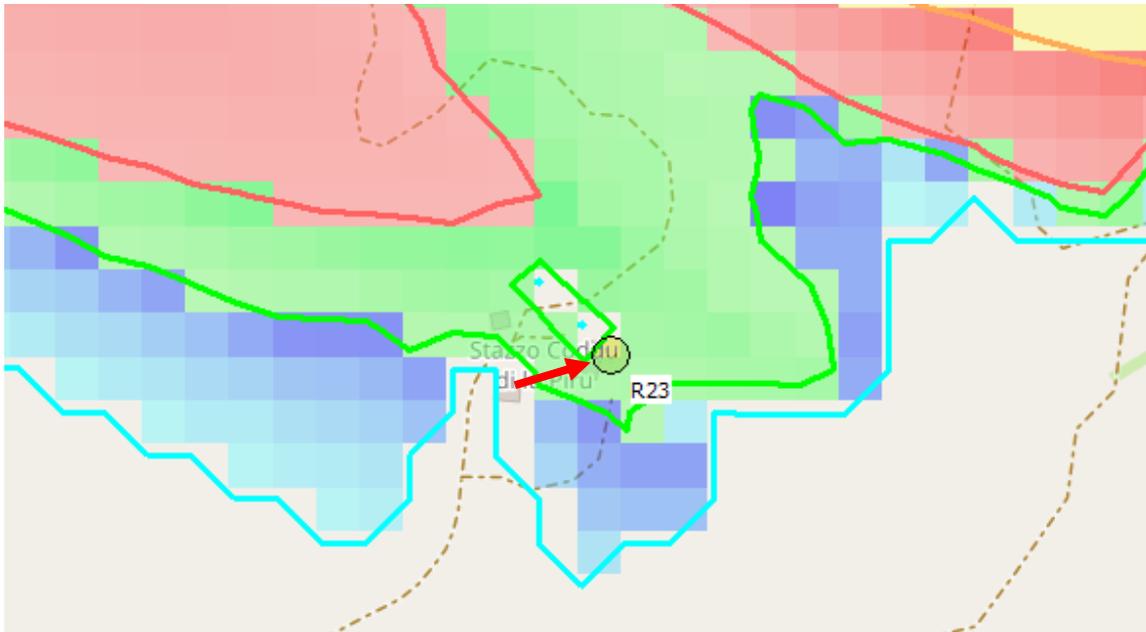
**RICETTORE R-23**

**Tabella 23** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

**Calculation: Shadow Real Case Shadow receptor: R23 - Shadow receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)**  
**Assumptions for shadow calculations**  
 Sunrise probability S (Average daily sunshine hours) [OLBRA]  
 Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec  
 3,87 4,61 5,62 6,73 8,36 10,04 11,06 9,91 8,03 6,21 4,80 3,87

**Operational time**  
 N NME NE E ESE SE SSE S SW W WW NW NNW Sum  
 140 266 369 328 337 493 403 137 76 96 210 597 2.000 1.277 293 134 7.156

	January	February	March	April	May	June	July	August	September/October	November/December		
1	07:46	07:35	06:59	06:23	05:54	05:24	20:10 (56-02)	05:35	06:49	07:19	06:53	07:28
2	07:46	07:34	06:58	06:22	05:54	05:24	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
3	07:46	07:33	06:56	06:20	05:54	05:24	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
4	07:46	07:32	06:55	06:19	05:54	05:24	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
5	07:46	07:31	06:53	06:18	05:54	05:24	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
6	07:46	07:30	06:51	06:17	05:54	05:24	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
7	07:48	07:29	06:50	06:16	05:52	05:22	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
8	07:48	07:28	06:48	06:14	05:52	05:22	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
9	07:48	07:27	06:46	06:12	05:52	05:22	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
10	07:48	07:26	06:44	06:10	05:52	05:22	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
11	07:48	07:24	06:43	06:08	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
12	07:47	07:23	06:42	06:06	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
13	07:46	07:22	06:40	06:04	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
14	07:46	07:21	06:38	06:02	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
15	07:46	07:20	06:36	06:00	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
16	07:46	07:19	06:34	05:58	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
17	07:46	07:18	06:32	05:56	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
18	07:45	07:17	06:30	05:54	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
19	07:45	07:16	06:28	05:52	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
20	07:44	07:15	06:26	05:50	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
21	07:44	07:14	06:24	05:48	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
22	07:43	07:13	06:22	05:46	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
23	07:42	07:12	06:20	05:44	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
24	07:41	07:11	06:18	05:42	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
25	07:41	07:10	06:16	05:40	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
26	07:40	07:09	06:14	05:38	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
27	07:39	07:08	06:12	05:36	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
28	07:38	07:07	06:10	05:34	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
29	07:38	07:06	06:08	05:32	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
30	07:37	07:05	06:06	05:30	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
31	07:36	07:04	06:04	05:28	05:51	05:21	20:10 (56-02)	05:35	06:50	07:20	06:54	07:29
Potential sun hours	288	297	309	398	448	462	469	468	375	345	298	288
Total, worst case												
Sun reduction				113	474	462	469	468	375	345	298	288
Oper. time red.				0,58	0,67	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Wind dir. red.				0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Total reduction				0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Total, real				0,38	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40



**Figura 42** *Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.*



**Figura 43** *immagine satellitare e foto del ricettore*

Per il ricettore R-23 si ha una classificazione catastale "A02" dove la presenza di persone è giustificata per scopo abitativo. In real case si ha una stima del fenomeno di shadow flickering di circa 6 ore l'anno. Si può tranquillamente concludere che per il ricettore in oggetto il fenomeno dello shadow flickering è irrilevante.

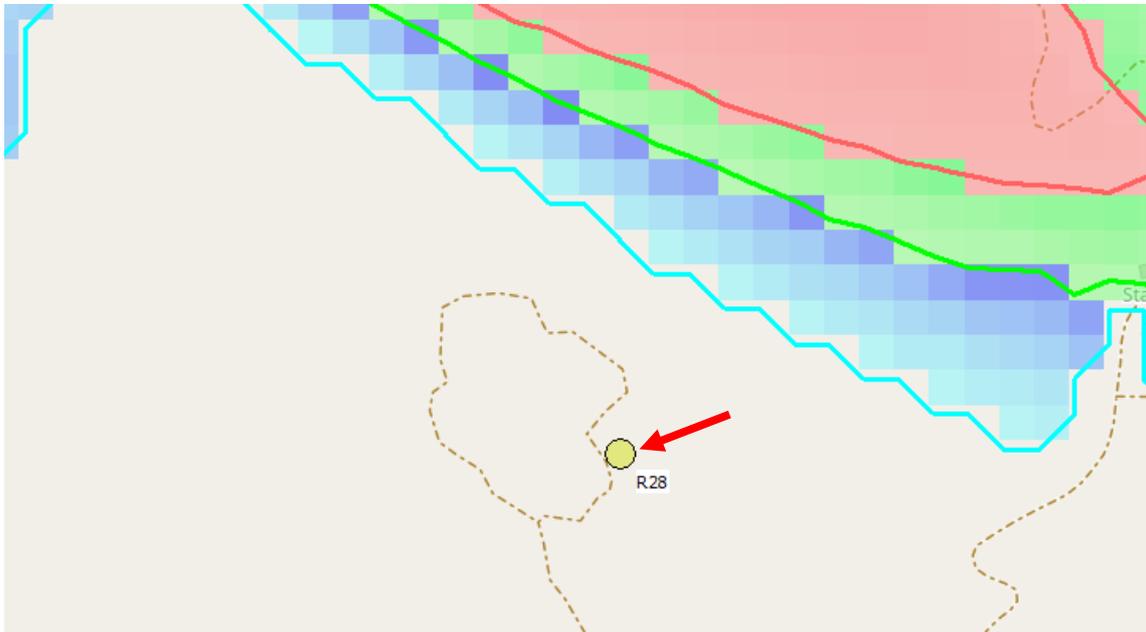
**RICETTORE R-28**

**Tabella 24** Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

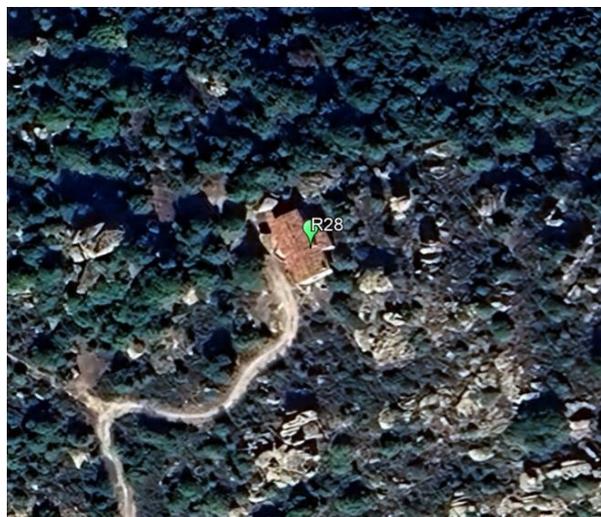
**Calculation: Shadow Real Case Shadow receptor: R28 - Shadow receptor: R28 - Shadow Receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)**  
 Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [OLBIA]

Operational time  
 N 140 256 369 328 337 76 96 210 587 2.000 1.277 283 134 7.156  
 ESE SE SSE S SSW SW WSW W WNW NW NNW Sum

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	August	September	October	November	December
1	07:48	07:35	06:59	07:09	06:23	05:54	05:55	06:19	06:49	07:19	06:53	07:28
2	07:48	07:34	06:58	07:07	06:22	05:54	05:55	06:20	06:50	07:20	06:54	07:29
3	07:48	07:33	06:56	07:05	06:20	05:53	05:56	06:21	06:51	07:21	06:55	07:30
4	07:48	07:32	06:55	07:04	06:19	05:53	05:56	06:22	06:52	07:22	06:57	07:31
5	07:48	07:31	06:53	07:02	06:18	05:53	05:57	06:23	06:53	07:23	06:58	07:32
6	07:48	07:30	06:51	07:00	06:17	05:52	05:58	06:24	06:54	07:24	06:59	07:33
7	07:48	07:29	06:50	06:59	06:16	05:52	05:58	06:24	06:55	07:25	07:00	07:34
8	07:48	07:28	06:48	06:57	06:14	05:52	05:59	06:25	06:56	07:26	07:01	07:35
9	07:48	07:26	06:47	06:56	06:13	05:52	05:59	06:26	06:57	07:27	07:03	07:36
10	07:48	07:25	06:45	06:54	06:12	05:51	06:00	06:27	06:58	07:28	07:04	07:36
11	07:48	07:24	06:43	06:52	06:11	05:51	06:01	06:28	06:59	07:30	07:05	07:37
12	07:47	07:23	06:42	06:51	06:10	05:51	06:02	06:29	07:00	07:31	07:06	07:38
13	07:47	07:22	06:40	06:49	06:09	05:51	06:02	06:30	07:01	07:32	07:07	07:39
14	07:47	07:20	06:39	06:48	06:08	05:51	06:03	06:31	07:02	07:33	07:08	07:40
15	07:47	07:19	06:37	06:46	06:07	05:51	06:04	06:32	07:03	07:34	07:10	07:40
16	07:46	07:18	06:35	06:45	06:06	05:51	06:05	06:33	07:04	07:35	07:11	07:41
17	07:46	07:16	06:34	06:43	06:05	05:51	06:05	06:34	07:05	07:36	07:12	07:42
18	07:45	07:15	06:32	06:41	06:04	05:51	06:06	06:35	07:06	07:37	07:13	07:42
19	07:45	07:14	06:30	06:40	06:03	05:51	06:07	06:36	07:07	07:38	07:14	07:43
20	07:44	07:12	06:29	06:38	06:02	05:51	06:08	06:37	07:08	07:39	07:16	07:44
21	07:44	07:11	06:27	06:37	06:01	05:52	06:09	06:38	07:09	07:40	07:17	07:44
22	07:43	07:10	06:25	06:36	06:01	05:52	06:10	06:39	07:10	07:42	07:18	07:45
23	07:42	07:08	06:24	06:34	06:00	05:52	06:10	06:39	07:11	07:43	07:19	07:45
24	07:42	07:07	06:22	06:33	05:59	05:52	06:11	06:41	07:12	07:44	07:20	07:46
25	07:41	07:05	06:20	06:31	05:58	05:53	06:12	06:42	07:13	07:45	07:21	07:46
26	07:40	07:04	06:19	06:30	05:58	05:53	06:13	06:43	07:14	07:46	07:22	07:47
27	07:39	07:02	06:17	06:28	05:57	05:53	06:14	06:44	07:15	07:47	07:23	07:47
28	07:38	07:01	06:15	06:27	05:56	05:54	06:15	06:45	07:16	07:48	07:24	07:47
29	07:38	07:01	06:14	06:26	05:56	05:54	06:16	06:46	07:17	07:49	07:25	07:47
30	07:37	07:00	06:13	06:25	05:55	05:54	06:17	06:47	07:18	07:50	07:26	07:48
31	07:36	07:00	06:12	06:24	05:55	05:54	06:18	06:48	07:19	07:51	07:27	07:48
Potential sun hours	256	297	369	398	446	452	459	428	375	345	296	288
Total, worst case												
Sun reduction												
Oper. time red.												
Wind dir. red.												
Total reduction												
Total, real												



**Figura 44** Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.



**Figura 45** immagine satellitare del ricettore

Per il ricettore R-28 si ha una classificazione catastale "A04". In ogni modo il fenomeno sembrerebbe essere completamente assente sia in Worst Case sia in Real Case.

**RICETTORE R-41**

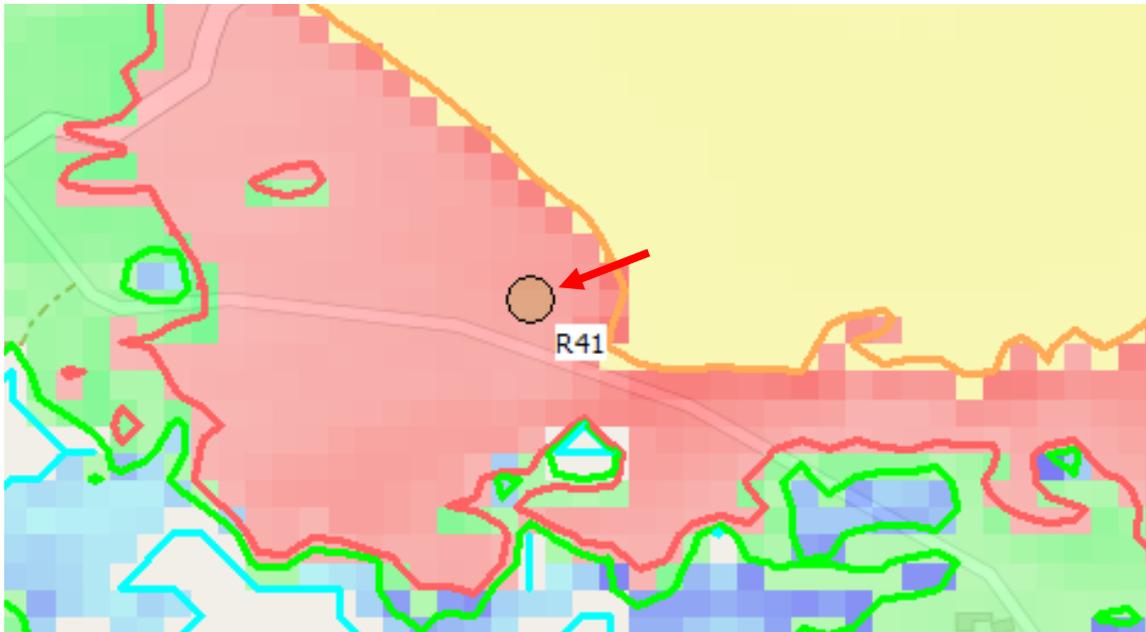
Tabella 25 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

Calculation: Shadow Real Case Shadow receptor: R41 - Shadow Receptor: 1.0 x 1.0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)  
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [OLBIA]  
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec  
3,87 4,61 5,62 6,73 8,36 10,04 11,06 9,91 8,03 6,21 4,80 3,87

Operational time

N NNE NE ENE E ESE SE SSE S SSW SW WSW W WNW NW NNW Sum  
140 266 369 328 337 493 403 137 76 96 210 597 2.000 1.277 293 134 7.156

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Potential sun hours	297	369	448	462	489	537	576	621	658	696	734	768
Total, worst case	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
Sun reduction	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Cloudier case	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Windier case	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Total reduction	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Total, real	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429



**Figura 46** *Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.*



**Figura 47** *immagine satellitare del ricettore*

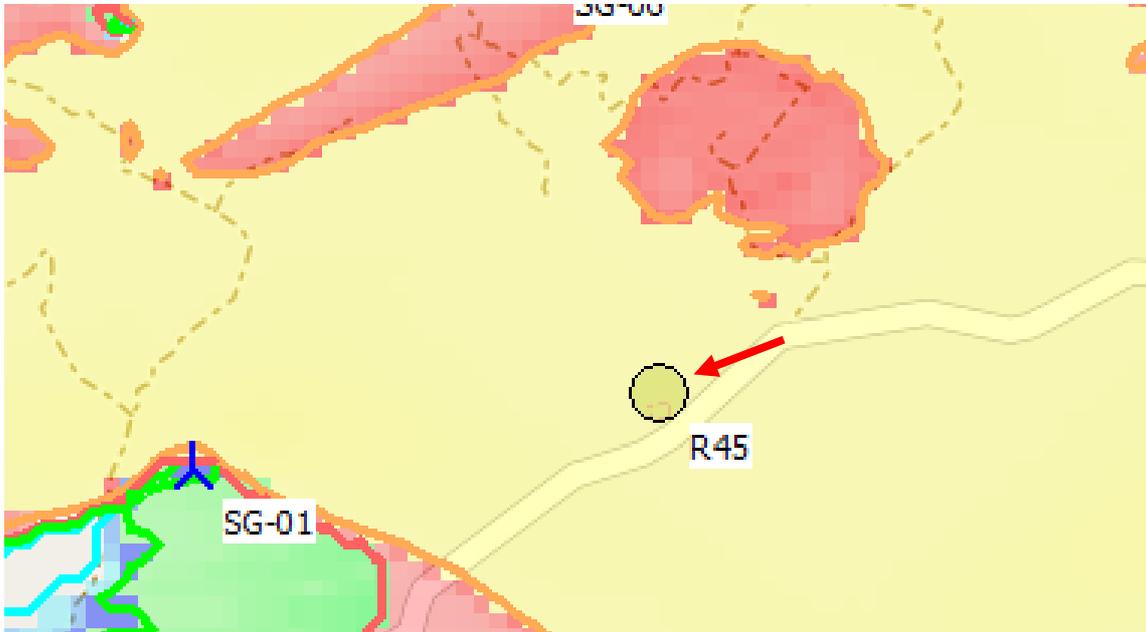
Per il ricettore R-41 si ha una classificazione catastale "A03" dove la presenza di persone è giustificata per scopo residenziale. In real case si ha una stima del fenomeno di shadow flickering di circa di 18 ore l'anno. Già di per se il fenomeno è abbastanza irrisorio, inoltre, bisogna considerare che il ricettore è completamente circondato da vegetazione ad alto fusto rendendo il fenomeno irrilevante.

**RICETTORE R-45**

Tabella 26 Lista giornaliera dei singoli eventi di shadow flickering subita dal ricettore

Calculation: Shadow Real Case Shadow receptor: R45 - Shadow receptor: 1,0 x 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)  
Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [OLBIA]  
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec  
3,87 4,61 5,62 6,73 8,36 10,04 11,06 9,91 8,03 6,21 4,80 3,87  
Operational time  
N MNE NE ENE E ESE SE SSE S SSW SW W WNW NW NNW Sum  
140 266 369 328 337 493 403 137 76 96 210 597 2.000 1.277 293 134 7.156

	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
1	07:48	07:35	06:59	07:09	06:36	05:02	06:23	06:19	06:49	18:30	05:03	06:53
2	07:06	07:40	18:14	19:48	18:34	05:01	20:43	20:41	19:58	18:30	05:02	17:21
3	07:08	07:34	06:58	07:07	17:32	05:01	06:22	06:20	06:50	17:29	05:02	06:54
4	07:09	07:41	18:15	19:49	18:35	05:01	20:44	20:39	19:56	18:30	05:02	17:20
5	07:09	07:33	06:55	07:04	18:34	05:01	20:41	20:50	19:51	18:30	05:02	17:18
6	07:09	07:33	06:55	07:04	18:34	05:01	20:41	20:50	19:51	18:30	05:02	17:18
7	07:08	07:29	06:48	06:57	17:30	05:01	06:16	06:16	06:46	17:27	05:03	06:57
8	07:14	07:38	06:56	07:04	18:34	05:01	20:41	20:50	19:51	18:30	05:02	17:18
9	07:08	07:27	06:47	06:56	17:30	05:01	06:13	06:13	06:43	17:17	05:02	06:57
10	07:08	07:25	06:45	06:54	18:34	05:01	20:41	20:50	19:51	18:30	05:02	17:16
11	07:08	07:25	06:45	06:54	18:34	05:01	20:41	20:50	19:51	18:30	05:02	17:16
12	07:08	07:25	06:45	06:54	18:34	05:01	20:41	20:50	19:51	18:30	05:02	17:16
13	07:08	07:25	06:45	06:54	18:34	05:01	20:41	20:50	19:51	18:30	05:02	17:16
14	07:07	07:20	06:39	06:48	17:32	05:01	06:08	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
15	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
16	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
17	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
18	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
19	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
20	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
21	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
22	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
23	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
24	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
25	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
26	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
27	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
28	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
29	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
30	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
31	07:07	07:19	06:37	06:46	17:32	05:01	06:07	06:31	07:02	18:01	05:02	06:56
Potential sun hours	297	369	448	452	459	438	375	315	298	298	298	298
Sun reduction	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Wind dir. freq.	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Total reduction	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Total, real	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357



**Figura 48** *Rappresentazione grafica di dettaglio dell'ombreggiamento ore/anno subito dal ricettore.*



**Figura 49** *immagine satellitare del ricettore*

Per il ricettore R-45 si ha una classificazione catastale "D10" dove la presenza di persone è giustificata per scopo residenziale solo se legata all'attività del fondo agricolo. In real case si ha una stima del fenomeno di shadow flickering di circa 41 ore l'anno, di per sè di modesta entità, ma comunque sovrastimato in quanto non si tiene conto della presenza di alberi ad alto fusto e vegetazione attorno al ricettore che mascherano e riducono ulteriormente il fenomeno.

## 9 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 dell'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione lungo la congiungente sole-ricettori ad esclusione degli ostacoli orografici (topographic shadow), il fenomeno dello *shadow flickering* si verifica per ognuno dei ricettori in esame ad eccezione di uno soltanto.

Tale fenomeno si manifesta però in modo differente per i diversi ricettori per cui non si possono generalizzare le conclusioni ma è stato doveroso analizzarne le diverse condizioni.

Per la corretta analisi dello *shadow flickering* nel Real Case, sono stati considerati tutti i fattori che possono influenzarne il risultato, anche nel caso di ricettori che apparentemente subiscono un fenomeno rilevante. È stato necessario verificare se il fenomeno stesso dell'ombreggiamento arreca un disturbo reale oppure non è neppure avvertito da chi abitualmente utilizza i locali. Quindi in generale, e per meglio comprendere l'effettivo "disturbo", si riepilogano di seguito le condizioni al contorno che portano alle conclusioni in Real Case:

- Il fenomeno studiato in Worst Case, quindi nelle condizioni peggiori di calcolo, considera il cielo sempre limpido, cosa non del tutto vera specialmente per i ricettori che subiscono maggiore ombreggiamento nel periodo invernale; considera un particolare orientamento delle pale dell'aerogeneratore sempre fisso e nella stessa direzione, nonché una certa disposizione delle finestre. Queste condizioni raramente si verificano nella realtà e soprattutto contemporaneamente, infatti nelle condizioni di Real Case le ore di esposizione al fenomeno si riducono di circa il 70/80%.
- I ricettori più esposti sono per lo più adibiti a immobili a sostegno delle attività agricole che vengono svolte nei relativi fondi agricoli e alcuni utilizzati come ricovero notturno: tale utilizzo già di per sé esclude o comunque minimizza il problema dell'ombra;

Partendo proprio dai dati e dalle considerazioni adottate nelle precedenti elaborazioni, si è analizzato quale reale disturbo si trasmette alle attività lavorative e o abitative nell'area del parco attraverso ulteriori considerazioni come la mutua disposizione tra ricettori e aerogeneratori ed eventuali ostacoli interposti che filtrano il fenomeno facendolo ulteriormente diminuire e addirittura, in alcuni casi, quasi ad eliminarlo del tutto.

Tutto ciò, applicato al caso in esame, ha permesso di verificare che la maggior parte dei ricettori subiscono emissioni marginali di esposizione al fenomeno.

In generale il fenomeno dello Shadow Flicker, soprattutto alle nostre latitudini, può essere considerato irrilevante sotto le 30 ore/anno e di modesta entità dalle 30 alle 100 ore/anno, spostando la soglia di attenzione sopra le 100 ore/anno (Best Practice Guidelines).

Di seguito vengono riproposti, sinteticamente e in forma tabellare, i risultati di calcolo ore/anno di shadow nel Real Case a confronto con i valori del Worst Case per i ricettori analizzati.

**Tabella 27** Confronto tra i risultati di Worst e Real Case del fenomeno di Shadow subito dai ricettori

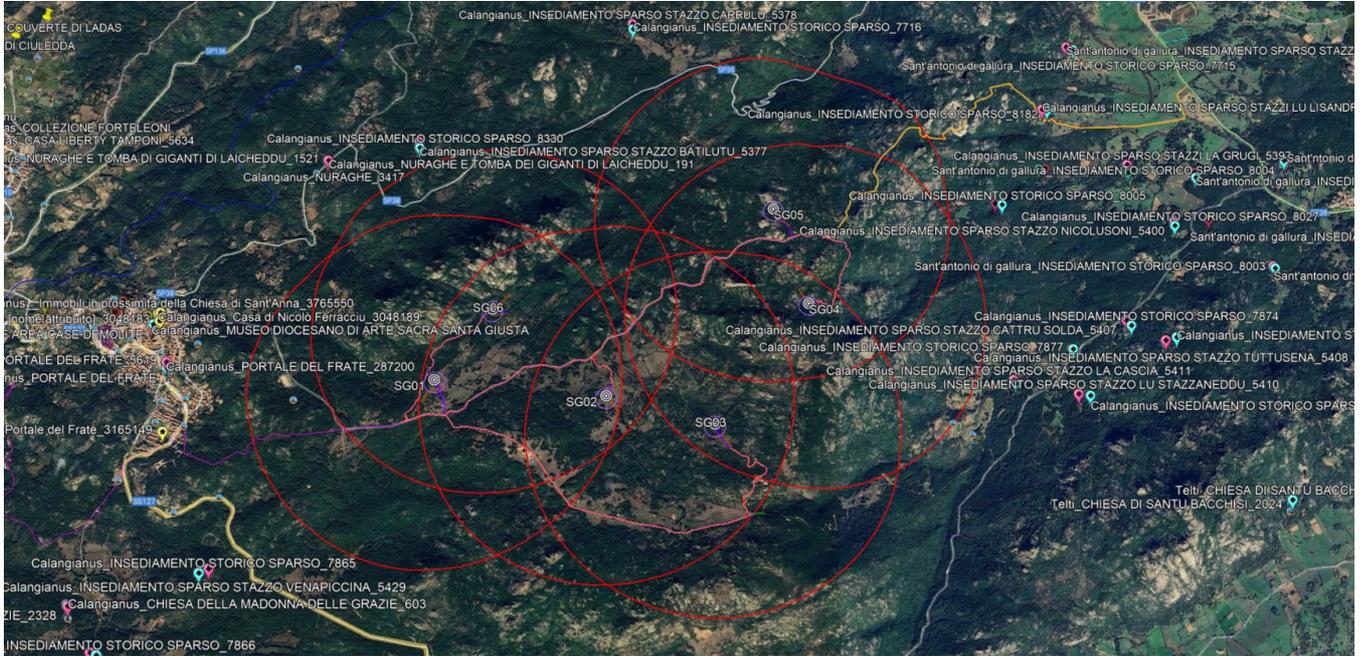
Ricettore	Shadow WORST CASE (ore / anno)	Shadow REAL CASE (ore / anno)	Percentuale di decremento delle ore/anno di shadow da worst a real case
R-15	21,46	6,25	-70,88%
R-17	148,00	57,46	-61,18%
R-23	14,33	5,56	-61,20%
R-28	0,00	0,00	0
R-41	42,14	18,44	-56,24%
R-45	108,40	41,38	-61,83%

Dalla precedente tabella si può facilmente dedurre come nel Real Case si ha un importante ridimensionamento del fenomeno con conseguente rientro dello "stato di attenzione" di alcuni ricettori ad uno stato di scarsa importanza del fenomeno. Alla fine solo due dei ricettori analizzati presentano una situazione del fenomeno di moderata entità (in giallo) ma, come descritto nelle schede del precedente paragrafo, da riscontro visivo durante i sopralluoghi e come mostrato dalle foto, quasi tutti i ricettori sono circondati da alberature ad alto fusto o altri fabbricati che vanno a schermare ulteriormente il fenomeno già di per sé blando, oltre al fatto che sono strutture adibite a magazzini o staoccaggio di materiali o attrezzature per l'agricoltura e il foraggio degli animali, **quindi non esiste alcun rischio di effetti negativi per la salute umana dovuta al fenomeno dell'ombreggiamento.**

Inoltre, va comunque sottolineato che la velocità di rotazione della tipologia di turbina selezionata raggiunge un massimo di 8,8 rotazioni al minuto, quindi nettamente inferiore ai 60 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere. In tale condizione la frequenza si riduce a solo 0,5 Hz, sensibilmente inferiore alla frequenza critica di 2,5 Hz.

Inoltre, l'eventuale permanenza di ghiaccio sulla carreggiata stradale nei mesi invernali causata dal possibile perdurare dell'ombreggiamento sulla stessa dovuto alle ombre proiettate delle turbine eoliche, si presenterà solo per brevi istanti oltre che in movimento. Inoltre, la zona di Calangianus si trova in condizioni di altitudine, topografiche, climatiche e con temperature durante l'arco dell'anno per lo più miti, tali da presentare la formazione di ghiaccio solo in condizioni estremamente rare, quindi il fenomeno viene ritenuto irrilevante.

Per quanto riguarda l'eventuale interferenza del fenomeno di shadow flickering con la presenza di eventuali Beni, si è provveduto a individuare tutti i Beni di Repertorio (Paesaggistici, Beni Culturali Archeologici e Architettonici, le proposte di insussistenza vincoli), i Beni da PPR, i Beni Culturali, i Vincoli in Rete VIR, Siti schedati MOSI, Vincoli MIC e Vincoli MIC da VIR. È stato constatato che tutti si trovano a più di 1,5 km di distanza da ciascun aerogeneratore proposto in progetto (come mostrato nell'immagine a seguire). Pertanto, si può affermare che nessun Bene sopra menzionato e la sua fruizione da parte di eventuali utenti siano in qualche modo compromessi dal fenomeno studiato.



**Figura 50** Localizzazione dei Beni, degli aerogeneratori di progetto e relativo buffer di 1,5 km