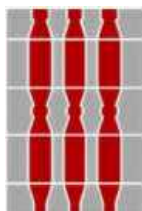


Regione Umbria



Provincia di Terni



Comune di Castel Giorgio



Comune di Orvieto



Committente:



RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968
PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "PHOBOS"
- Comune di Castel Giorgio ed Orvieto (TR) -

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

N° Documento:

PEOS_OC_13_0

ID PROGETTO:

PEOS

DISCIPLINA:

PD

TIPOLOGIA:

R

FORMATO:

A4

Elaborato:

Studi degli effetti di shadow flickering

FOGLIO:

-

SCALA:

-

Nome file:

PEOS_OC_13_0_shadow_flickering_Rev.1.pdf

Progettazione:



NEW DEVELOPMENTS S.r.l.
piazza Europa, 14
87100 Cosenza (CS)

Progettista:



dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro



dott. ing. Amedeo Costabile



dott. ing. Francesco Meringolo

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
01	01/09/2022	PRIMA REVISIONE	New Developments	RWE	RWE
00	18/05/2021	PRIMA EMISSIONE	New Developments	RWE	RWE

Sommario

Premessa	2
1. Criterio di stima dell'effetto shadow flickering	2
2. Analisi del fenomeno e stima delle interferenze.....	6
2.1 Correzione per eliofania locale	9
2.2 Correzione per durata di funzionamento	11
2.3 Stima delle ore di manifestazione del fenomeno	13
Conclusioni	34

Premessa

Lo shadow flickering (sfarfallio dell'ombra) è il verificarsi di cambiamenti periodici nell'intensità luminosa dovuti all'ombra di una pala di una turbina eolica che passa su un punto di interesse (ricettore sensibile). Detto cambiamento periodico della luce in prossimità dei ricettori sensibili viene determinato in modo da stimare il periodo di ombreggiamento, generato sul ricettore, dalle pale della turbina eolica.

Gli effetti dello shadow flickering possono provocare fastidi su individui per frequenze comprese tra i 2,50 ed i 20 Hz (valutazione Verkuijen and Westra, 1984). Tali disturbi alla persona possono essere paragonati alle lampade a incandescenza stroboscopica dovuta a sbalzi continui della tensione di alimentazione.

È evidente che per rotori della tipologia di cui al presente progetto definitivo, aventi velocità di rotazione di circa 12 giri/min, la frequenza di passaggio ($0,7 \div 1,5$ Hz) risulta di gran lunga inferiore ai 2,50 Hz ritenuti quale limite inferiore del range considerato fastidioso per l'individuo, pertanto tali frequenze risultano del tutto innocue all'individuo e non hanno alcuna correlazione con attacchi di natura epilettica.

La presente relazione tecnica ha lo scopo di stimare le aree interessate dalla possibile presenza del fenomeno rispetto agli aerogeneratori costituenti il parco eolico in progetto. Tale stima determina quindi delle zone d'interesse, valutate in ragione delle ore/anno in cui il fenomeno può verificarsi, al fine di determinare l'interazione di dette zone con possibili ricettori sensibili presenti (abitazioni ed edifici).

1. Criterio di stima dell'effetto shadow flickering

Per la stima dello shadow flickering, effettuata secondo lo standard "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immisionen von Windenergie anlagen (WEA-Shattenwurf-Hinweise)" è necessario in primo luogo determinare il percorso solare nella latitudine di riferimento della turbina.

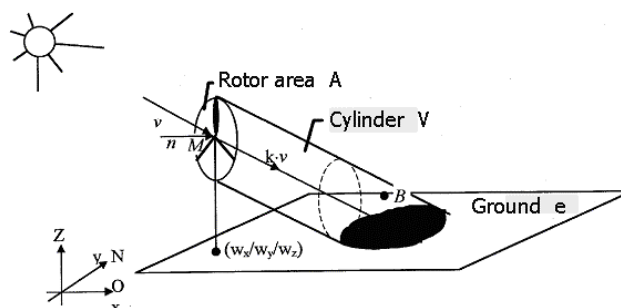


Fig. 1 - schematizzazione effetto shadow flickering

Per individuare ad un certo istante dell'anno la posizione del sole nel cielo in una determinata località è necessario definire alcuni angoli caratteristici:

- altezza o altitudine solare α : angolo formato tra la direzione dei raggi solari ed il piano orizzontale;
- l'angolo zenitale z : angolo formato tra i raggi solari e la direzione dello zenit (complementare all'angolo α);
- l'azimut solare a : angolo formato tra la posizione sul piano orizzontale dei raggi solari e la direzione sud;
- l'angolo orario h : distanza angolare tra il sole e la sua posizione a mezzogiorno lungo la sua traiettoria apparente sulla volta celeste;
- latitudine L : angolo che la retta passante per la località considerata ed il centro della terra forma con il piano dell'equatore;
- declinazione solare δ : angolo che la direzione dei raggi solari forma a mezzogiorno, sul meridiano considerato, col piano equatoriale.

La posizione istantanea del sole, definita dall'altezza solare α e dall'azimut solare a , è valutabile per mezzo delle relazioni:

$$\sin \alpha = \sin L * \sin \delta + \cos L * \cos \delta * \cos h$$

$$\sin a = (\cos \delta * \sin h) / \cos \alpha$$

poiché l'azimut solare può assumere valori maggiori di 90° , mentre la funzione arcoseno fornisce per convenzione valori di a compresi tra -90° e $+90^\circ$, è necessario, in questi casi, apporre delle correzioni ai valori calcolati.

La declinazione solare δ è invece calcolata per mezzo della relazione approssimata di Cooper (Solar Energy 1969 - The Absorption of Solar Radiation in Solar Stills):

$$\delta = 23,45 \sin [360*(284+n)/365] \text{ con } n \text{ l'ennesimo giorno dell'anno.}$$

È possibile visualizzare, per mezzo di un diagramma polare, le traiettorie del sole nel corso dell'anno per una determinata località. Il diagramma, che è una proiezione delle traiettorie del sole sul piano orizzontale, è ottenibile grafitando i valori dell'altezza solare e dell'azimut, calcolati con le precedenti relazioni e per la località considerata, in funzione del tempo solare e della declinazione.

Per mezzo di questi diagrammi è possibile determinare i periodi di tempo nei quali un punto di una superficie rimane in ombra a causa di ostacoli che intercettano i raggi del sole (come in particolare le lame della turbina eolica). Quando la distanza dell'ostruzione è grande rispetto alle dimensioni del ricevitore (ad

esempio una finestra) è lecito considerare il ricevitore come puntiforme, poiché l'ombra tende a muoversi rapidamente sul ricevitore, che risulta pertanto completamente in ombra o completamente illuminato.

Per determinare quando l'ostacolo intercetta i raggi solari, bisogna rappresentare nel diagramma delle traiettorie solari la forma angolare dell'ostacolo come vista dal punto considerato, plottando su di esso l'azimut e l'altezza angolare dei punti del contorno con l'ostacolo stesso.

Di seguito si riporta il diagramma delle traiettorie solari definito per la località in cui ricade il parco eolico in progetto.

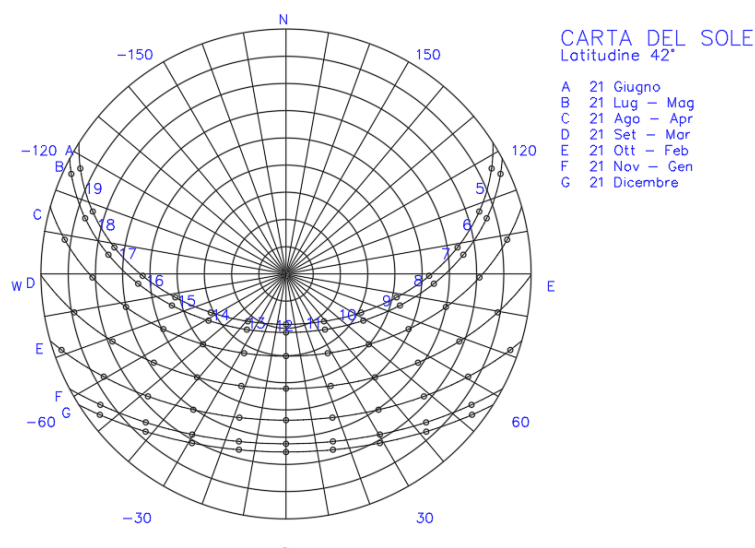


Fig. 2 - traiettorie solari - Carta del Sole Lat. 42

Il fenomeno di shadow flickering è definito da un'intensità stimata come differenza luminosa che si percepisce in presenza alternata di ombreggiamento in una data posizione. In generale le pale, avendo una forma rastremata con spessore che cresce verso il mozzo, possono provocare la presenza di tale fenomeno con intensità crescente all'aumentare della porzione di sole coperta dalla pala stessa e con il diminuire della distanza tra il ricevitore e la turbina nella direzione del sole.

A tal fine è utile costruire un grafico con l'evoluzione annuale dell'ombra di una turbina realizzato come involuppo delle traiettorie solari considerando la turbina sempre in rotazione e sempre orientata ortogonalmente nella direzione del sole durante la giornata.

La figura che segue mostra l'andamento dell'effetto shadow flickering della turbina avente le dimensioni di cui al presente progetto con indicazione delle fasce temporali in cui l'effetto può verificarsi rapportata alla scala metrica:

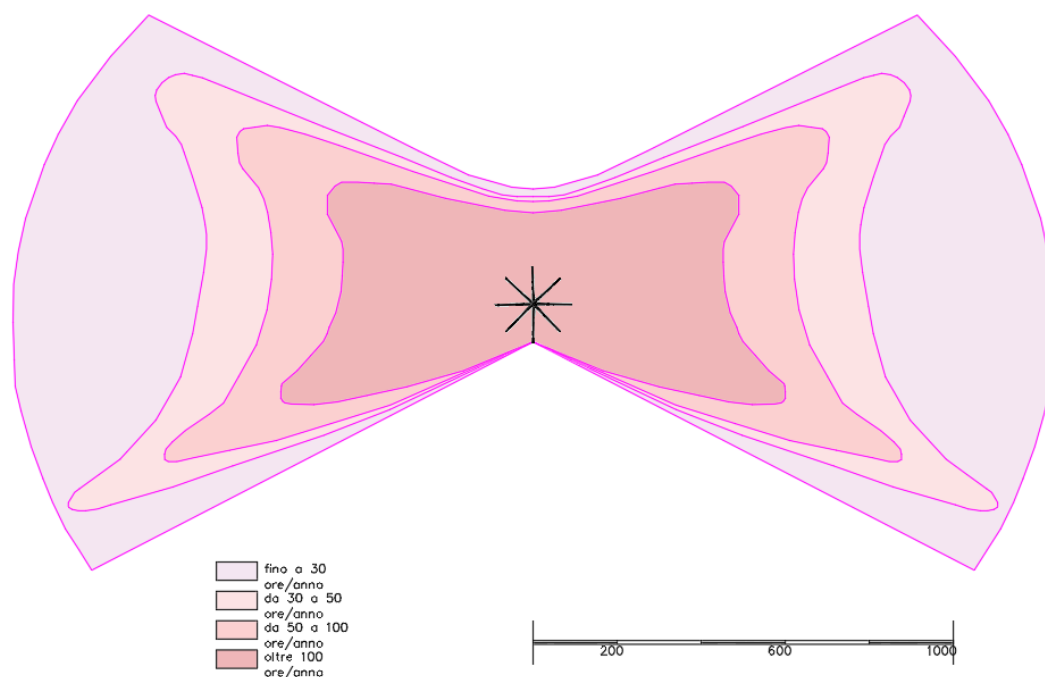


Fig. 3 - evoluzione effetto shadow flickering annuale - Carta del Sole Lat. 42 - turbina H = 115+85

La stima dell'impatto dello shadow flickering viene confrontata con le linee guida "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise - unico riferimento presente)" che definisce i limiti per l'ombreggiamento:

- angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte $\geq 3^\circ$;
- percentuale minima di copertura del sole della pala $\geq 20\%$;
- valore limite inferiore con effetto trascurabile in termini di ore/anno in cui può verificarsi il fenomeno: 30 ore/anno di ombra astronomica;
- valore limite superiore con effetti sensibili in termini di ore/anno in cui può verificarsi il fenomeno: 100 ore/anno di ombra astronomica;
- distanza massima con effetti sensibili: 1 km dalla turbina (dato di letteratura).

Inoltre, essendo di complessa definizione analitica, vengono considerate alcune semplificazioni a vantaggio di sicurezza quali:

- turbina sempre in rotazione;
- rotore sempre orientato ortogonalmente all'asse sole-ricettore;
- non vengono considerati ostacoli tra turbina e ricettore quali schermi, alberi, fabbricati ecc;
- ricettori orientati verso la turbina

- ventosità massima della turbina con conseguente raggiungimento del valore massimo di frequenza del fenomeno.

Il primo controllo è quindi eseguito esclusivamente rispetto all'evoluzione dell'ombra teorica al fine di escludere ulteriori analisi di dettaglio su potenziali ricettori sensibili ricadenti all'esterno delle zone classificate con intensità teorica del fenomeno shadow flickering superiore a 100 ore/anno.

Nel caso risulti necessario si può estendere l'analisi sui potenziali ricettori sensibili ricadenti all'interno dell'area di intensità teorica del fenomeno eseguendo una più approfondita analisi considerando i seguenti ulteriori parametri di valutazione:

- durata del fenomeno con correzione dovuta all'eliofania;
- durata del fenomeno con correzione dovuta all'effettivo funzionamento dell'aerogeneratore (ore teoriche di funzionamento diurno e direzione del vento);

Il primo importante parametro è rappresentato proprio dall'eliofania che esprime la durata media del soleggiamento astronomico (periodo intercorrente tra alba e tramonto) durante l'anno, corretta in funzione delle caratteristiche topografiche del luogo e dalla nuvolosità media che si registra nello specifico luogo. Detto parametro è registrato dalle stazioni meteorologiche e viene espresso in termini di rapporto percentuali tra le ore di "cielo chiaro" e le ore standard di soleggiamento astronomico.

La seconda correzione riguarda il funzionamento dell'aerogeneratore che produce il massimo effetto del fenomeno di shadow flickering quando il rotore è in funzione ed il suo orientamento è disposto in maniera ortogonale alla direttrice dei raggi solari nella direzione aerogeneratore-ricettore. Infatti, un orientamento differente provoca una riduzione della durata del fenomeno incidente sul ricettore.

2. Analisi del fenomeno e stima delle interferenze

Il parco eolico "**Phobos**" in progetto è composto da n. 7 aerogeneratori dislocati all'interno del territorio dei comuni di **Castel Giorgio** e **Orvieto**. Di seguito si riporta l'estratto dell'elaborato (OC_13_1 - Planimetria degli effetti shadow flickering) con individuazione delle fasce di innesco teorico del fenomeno di shadow flickering sui potenziali ricettori sensibili.

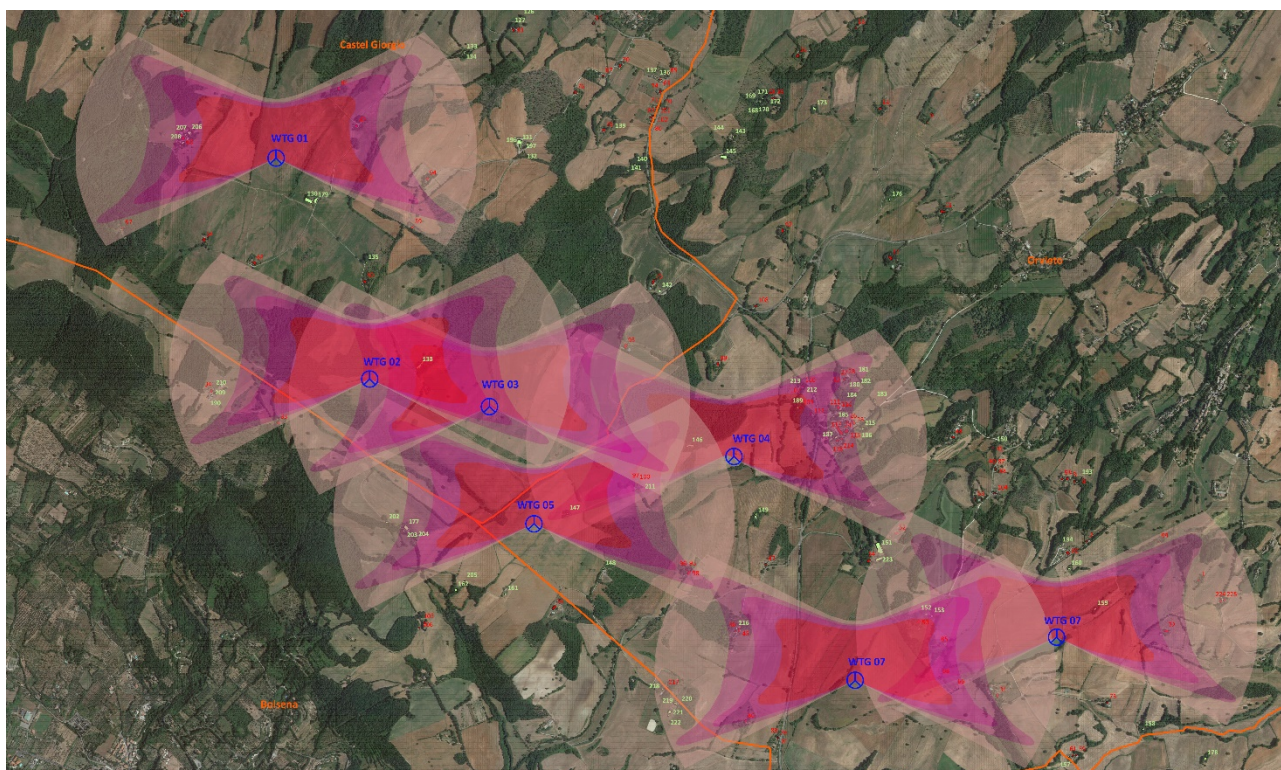


Figura 4. Analisi degli effetti dello shadow flickering (estratto dell'elaborato OC_13_1 - Planimetria degli effetti shadow flickering)

WTG N.	COORDINATE PIANE SISTEMA UTM WGS 84 - FUSO 33 NORD	
	EST	NORD
01	253.488,10	4.729.906,00
02	254.065,70	4.728.543,00
03	254.804,20	4.728.373,00
04	256.312,55	4.728.065,42
05	258.302,80	4.726.951,00
06	257.060,20	4.726.865,33

Al fine di valutare le possibili interferenze tra l'effetto shadow flickering delle turbine ed i ricettori sensibili è stata eseguita una analisi catastale dei fabbricati presenti nell'area di interesse di cui se ne riporta l'estratto tabellare con le relative destinazioni d'uso, desumibili dai registri censuari, e le corrispondenti durate del fenomeno di ombreggiamento astronomico stimato:

<i>id</i>	<i>tipologia</i>	<i>Durata fenomeno ombreggiamento astronomico</i>
57	Categoria A	< 30 h/anno
60	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
206	Altri edifici	da 50 a 100 h/anno
207	Altri edifici	da 50 a 100 h/anno
208	Altri edifici	da 50 a 100 h/anno
42	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
84	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
94	Categoria A	< 30 h/anno
34	Categoria A	< 30 h/anno
209	Altri edifici	< 30 h/anno
210	Altri edifici	< 30 h/anno
190	Altri edifici	< 30 h/anno
33	Categoria A	< 30 h/anno
138	Altri edifici	>100 h/anno
93	Categoria A	< 30 h/anno
97	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
100	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
211	Altri edifici	da 50 a 100 h/anno
146	Altri edifici	>100 h/anno
189	Altri edifici	>100 h/anno
213	Altri edifici	da 50 a 100 h/anno
107	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
212	Altri edifici	da 50 a 100 h/anno
109	Categoria A	>100 h/anno
28	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
27	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
25	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
111	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
114	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
26	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
117	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
113	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
181	Altri edifici	da 30 a 50 h/anno
182	Altri edifici	da 30 a 50 h/anno
115	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
214	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
187	Altri edifici	da 30 a 50 h/anno
185	Altri edifici	da 30 a 50 h/anno
184	Altri edifici	da 30 a 50 h/anno
180	Altri edifici	da 30 a 50 h/anno

<i>id</i>	<i>tipologia</i>	<i>Durata fenomeno ombreggiamento astronomico</i>
183	Altri edifici	< 30 h/anno
52	Categoria A	< 30 h/anno
202	Altri edifici	< 30 h/anno
177	Altri edifici	< 30 h/anno
203	Altri edifici	< 30 h/anno
204	Altri edifici	< 30 h/anno
147	Altri edifici	>100 h/anno
95	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
96	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
98	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
151	Altri edifici	< 30 h/anno
223	Altri edifici	< 30 h/anno
152	Altri edifici	da 50 a 100 h/anno
153	Altri edifici	da 50 a 100 h/anno
159	Altri edifici	>100 h/anno
99	Categoria A	< 30 h/anno
1	Categoria A	< 30 h/anno
224	Categoria A	< 30 h/anno
225	Categoria A	< 30 h/anno
72	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
50	Categoria A	< 30 h/anno
85	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
68	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
66	Categoria A	da 50 a 100 h/anno
218	Altri edifici	< 30 h/anno
219	Altri edifici	< 30 h/anno
220	Altri edifici	< 30 h/anno
221	Altri edifici	< 30 h/anno
222	Altri edifici	< 30 h/anno
217	Categoria A	< 30 h/anno
216	Altri edifici	da 30 a 50 h/anno
45	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
46	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
86	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
50	Categoria A	>100 h/anno
68	Categoria A	da 30 a 50 h/anno
31	Categoria A	< 30 h/anno

L'analisi mostra la presenza di ricettori all'interno delle zone interessate dal fenomeno con durata superiore alle 30 ore anno (limite di trascurabilità), pertanto, è necessario approfondire l'analisi al fine di meglio stimare la più probabile durata del fenomeno sugli stessi. Si precisa che le 100 ore/anno di ombreggiamento astronomico rappresentano il limite superiore per le conseguenze sensibili del fenomeno mentre le 30 ore/anno il limite di trascurabilità del fenomeno.

2.1 Correzione per eliofania locale

Al fine di correggere i dati dell'ombreggiamento astronomico con l'eliofania locale, affinando quindi la stima della durata del fenomeno, è stato necessario ricercare i valori di eliofania registrati per la zona. Infatti, l'eliofania esprime la durata media del soleggiamento astronomico (periodo intercorrente tra alba e tramonto) durante l'anno, corretta in funzione delle caratteristiche topografiche del luogo e dalla nuvolosità media che si registra nello specifico luogo. Detto parametro è registrato dalle stazioni metereologiche e viene espresso in termini di rapporto percentuali tra le ore di "cielo chiaro" e le ore standard di soleggiamento astronomico. Per lo studio in esame sono stati considerati i valori di eliofania registrati nelle più vicine stazioni metereologiche che forniscono tali valori per i diversi periodi dell'anno:

periodo	Stazione Monte Terminillo (di/dst)	Stazione Bracciano Vigna di Valle (di/dst)	Valori medi (di/dst)
giu	0,58	0,78	0,68
lug-mag	0,63	0,81	0,72
ago-apr	0,52	0,69	0,61
set-mar	0,43	0,56	0,50
ott-feb	0,38	0,46	0,42
nov-gen	0,29	0,35	0,32
dic	0,26	0,30	0,28

Dai valori medi registrati si è quindi impiegato il valore dell'eliofania locale finalizzata alla stima dal fenomeno nella situazione prossima al caso reale (REAL CASE). Per l'area in esame tale valore corrisponde a circa 2281 h/a, quindi, i risultati del calcolo possono, ragionevolmente, essere abbattuti del 46.8 %, pari al complemento a 1 del rapporto $2281/4487 = 53.2 \%$.

Applicando questa riduzione all'evoluzione effetto shadow flickering annuale ricercando quelle durate superiori alle 30 ore/anno, si è ottenuto il risultato riportato nella carta che segue:

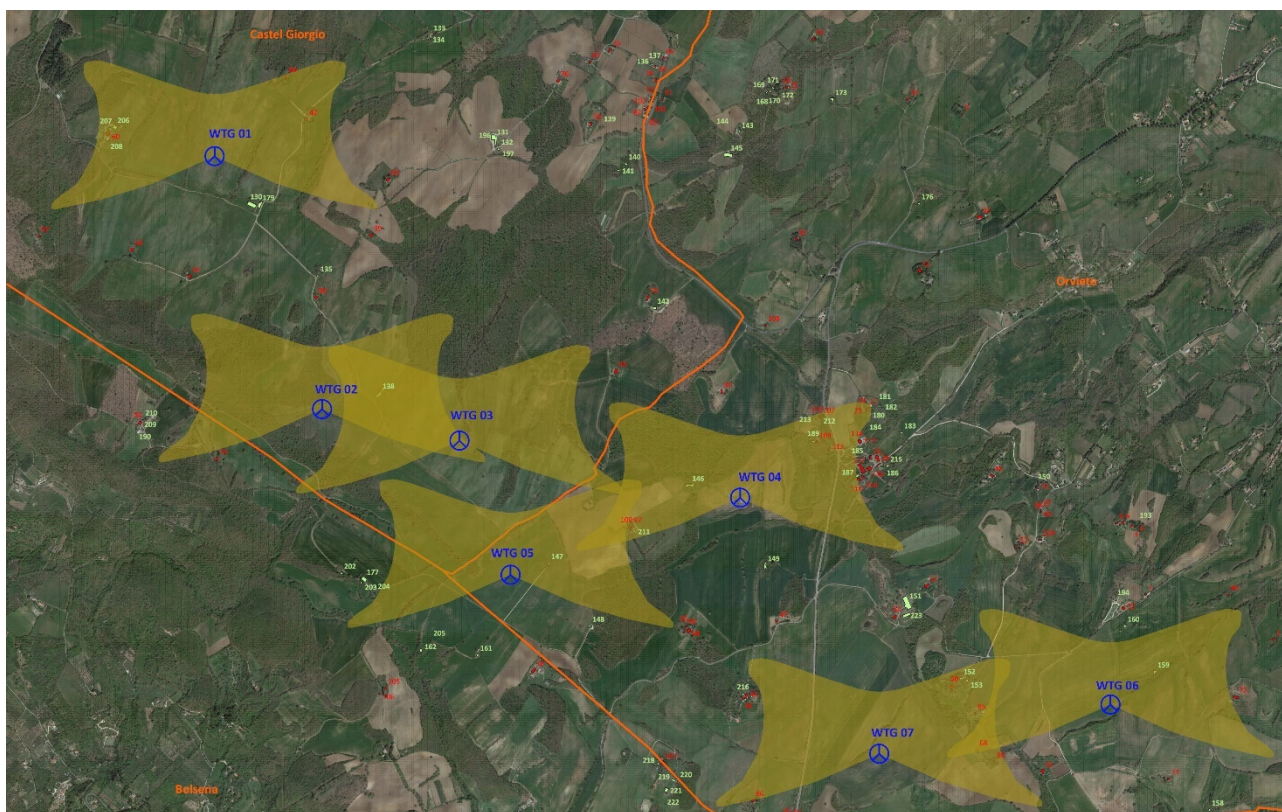


Figura 5. Analisi degli effetti dello shadow flickering con correzione dovuta all'eliofania locale. In rosso i ricettori con destinazione abitazione, il contorno in giallo mostra la durata del fenomeno > 30 ore/anno.

Concentrando l'analisi ai soli ricettori sensibili al fenomeno, rappresentati da edifici destinati ad abitazione, la correzione dovuta all'eliofania locale presenta le seguenti interferenze teoriche del fenomeno:

<i>id</i>	<i>tipologia</i>	<i>Riferimento WTG</i>	<i>Durata fenomeno ombreggiamento astronomico corretto con eliofania locale</i>
42	Categoria A	WTG_01	> 30 h/anno
60	Categoria A	WTG_01	> 30 h/anno
84	Categoria A	WTG_01	> 30 h/anno
25	Categoria A	WTG_04	> 30 h/anno
27 - 28	Categoria A	WTG_04	> 30 h/anno
97 - 100	Categoria A	WTG_04	> 30 h/anno
107 - 110	Categoria A	WTG_04	> 30 h/anno
109	Categoria A	WTG_04	> 30 h/anno
112	Categoria A	WTG_04	> 30 h/anno
68	Categoria A	WTG_06	> 30 h/anno
50	Categoria A	WTG_07	> 30 h/anno
66	Categoria A	WTG_07	> 30 h/anno
68	Categoria A	WTG_07	> 30 h/anno
85	Categoria A	WTG_07	> 30 h/anno
86	Categoria A	WTG_07	> 30 h/anno

Questo primo step dell'analisi approfondita permette di ridurre il numero di ricettori sensibili al fenomeno per effetto dell'eliofania locale.

2.2 Correzione per durata di funzionamento

La seconda correzione riguarda il funzionamento dell'aerogeneratore che produce il massimo effetto del fenomeno di shadow flickering quando il rotore è in funzione ed il suo orientamento è disposto in maniera ortogonale alla direttrice dei raggi solari nella direzione aerogeneratore-ricettore. Infatti, un orientamento differente provoca una riduzione della durata del fenomeno di shadow flickering incidente sul ricettore.

In merito al funzionamento dell'aerogeneratore si è fatto riferimento ai due parametri di azionamento legati alla ventosità del sito: direzione del vento ed ore di funzionamento diurno.

Il sito in questione sviluppa una producibilità massima teorica specifica di circa 3.177 h/anno stimabile sia nella frazione diurna che notturna. Escludendo le ore notturne (in cui non si registrano fenomeni di ombreggiamento) occorre stimare le ore di funzionamento in relazione al percorso solare e valutare la frazione di tempo significativa in termini di ombreggiamento sul potenziale ricettore sensibile. Inoltre occorre eseguire una ulteriore correzione per tener conto della direzione del vento che incide notevolmente sull'orientamento del rotore.

Il grafico teorico della direzione del vento per il sito in esame mostra i seguenti valori rispetto ai punti cardinali:

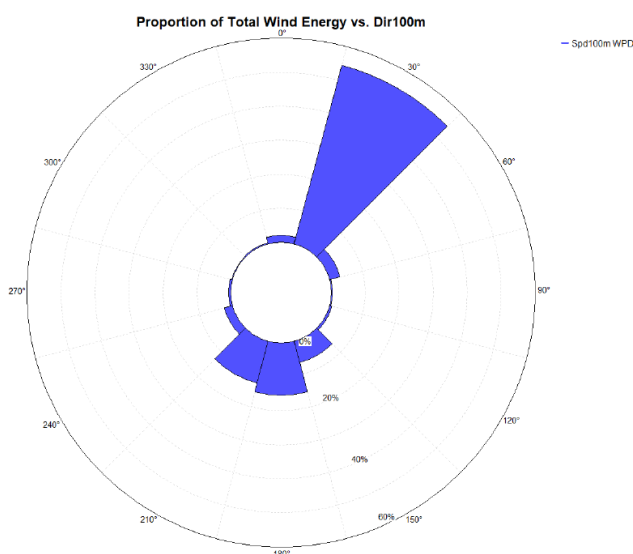


Fig. 6 – direzioni del vento per la specifica località (carta delle prevalenze)

La tabella che segue mostra le percentuali di funzionamento dell'aerogeneratore nei diversi orientamenti per come determinati dalla carta delle prevalenze.

azimut	% funzionamento	Ore equivalenti stimate (24h) (h/anno)	Ore equivalenti stimate (diurno) (h/anno)
N	0,88%	28,0	14,0
N-N/E	73,36%	2.330,6	1.165,3
NE	1,51%	48,0	24,0
N/E-E	0,00%	0,0	0,0
E	0,00%	0,0	0,0
E-S/E	0,00%	0,0	0,0
S/E	0,00%	0,0	0,0
S/E-S	3,80%	120,7	60,4
S	10,99%	349,2	174,6
S-S/W	8,28%	263,1	131,5
S/W	1,19%	37,8	18,9
S/W-W	0,00%	0,0	0,0
W	0,00%	0,0	0,0
W-N/W	0,00%	0,0	0,0
N/W	0,00%	0,0	0,0
N/W-N	0,00%	0,0	0,0
TOTALE	100%	3.177,32	1.588,66

La precedente tabella mostra la possibile durante del fenomeno durante le ore di funzionamento diurno del singolo aerogeneratore (ore equivalenti stimate diurno). Questo ci permette di escludere tutti gli orientamenti con ore di funzionamento annuo inferiore a 30 ore/anno, precisando che per orientamento si intende la direzione tra l'asse dell'aerogeneratore e il ricettore. Pertanto i ricettori da sottoporre ad ulteriore verifica sono i seguenti:

<i>id</i>	<i>tipologia</i>	<i>Riferimento WTG</i>	<i>Orientamento rispetto a WTG</i>
42	Categoria A	WTG_01	N-N/E
84	Categoria A	WTG_01	N-N/E
25	Categoria A	WTG_04	N-N/E
27 - 28	Categoria A	WTG_04	N-N/E
97 - 100	Categoria A	WTG_04	S-S/W
109	Categoria A	WTG_04	N-N/E
107 - 110	Categoria A	WTG_04	N-N/E
112	Categoria A	WTG_04	N-N/E
50	Categoria A	WTG_07	N-N/E
85	Categoria A	WTG_07	N-N/E

2.3 Stima delle ore di manifestazione del fenomeno

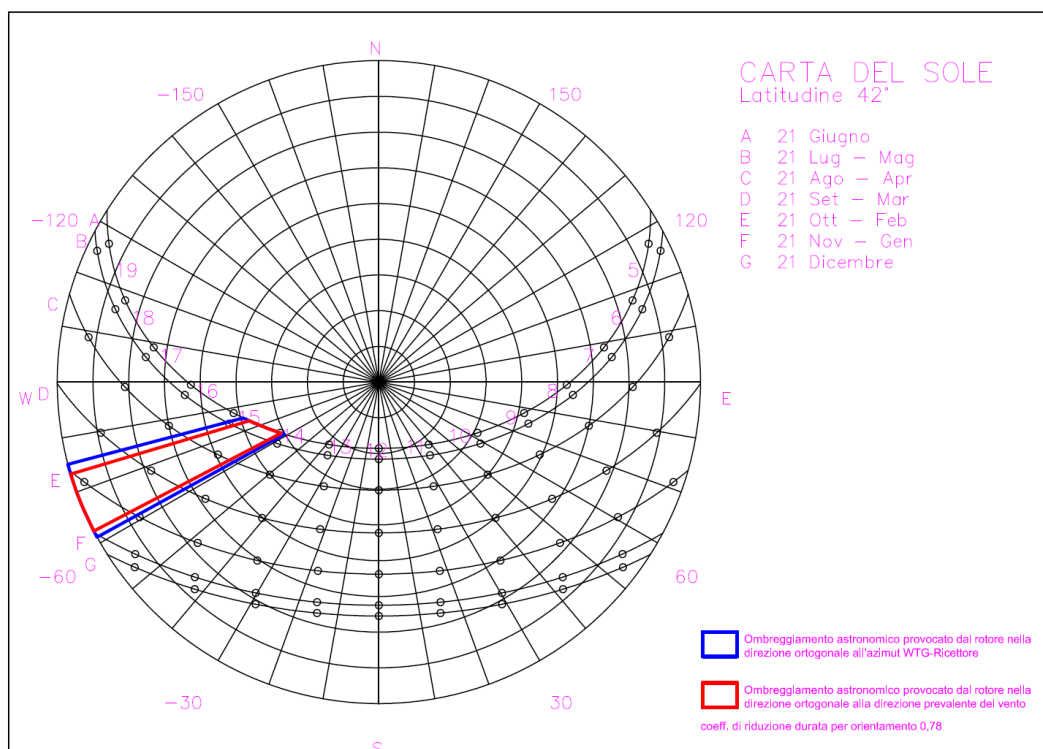
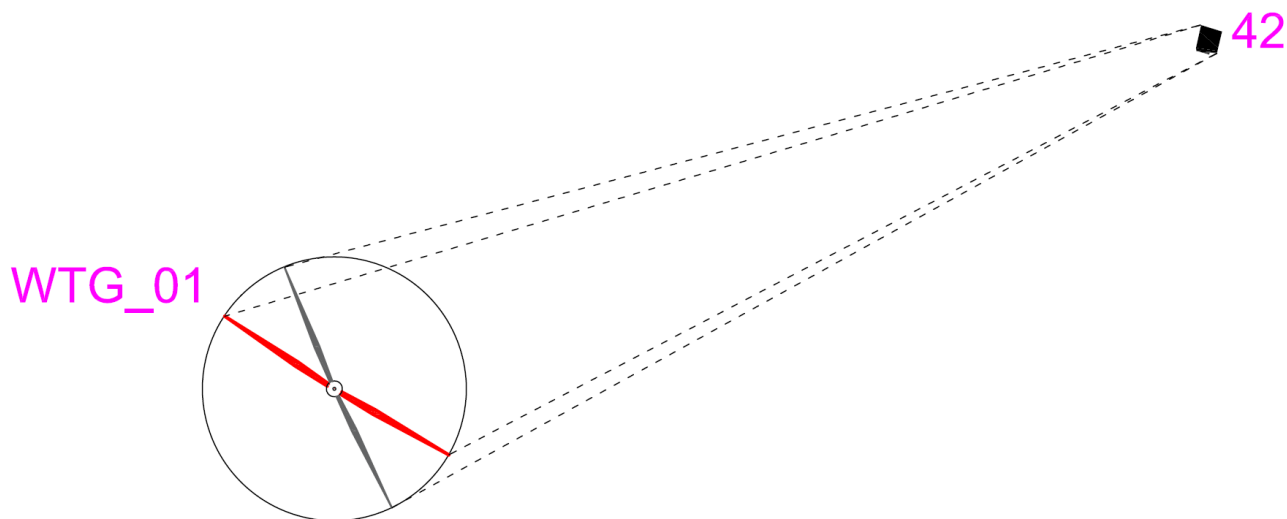
Per ogni singolo ricettore individuato nei paragrafi precedenti è stata condotta una valutazione che tiene conto sia del periodo di funzionamento dell'impianto che dell'eliofania locale al fine di stimare la durata più probabile del fenomeno di shadow flickering.

A tal fine è stato considerato:

- (T): periodo rappresentato dall'arco temporale considerato durante il corso dell'anno;
- (g): giorni totali che costituiscono il periodo (T);
- (H/T): ore di diurno astronomiche nel periodo (T);
- Le ore del fenomeno del diurno astronomico;
- (min/g): durata giornaliera minuti al giorno è la durata ideale del fenomeno;
- La durata ideale annua del fenomeno come somma della durata giornaliera nel periodo (T);
- La correzione dovuta all'eliofania locale (hdi/hst) nel periodo (T) per come precedentemente stimata;
- La correzione della durata ideale per effetto dell'eliofania locale;
- La durata di esercizio dell'aerogeneratore (hdi) nel periodo considerato nella direzione del vento parallela alla congiungente aerogeneratore/ricettore;
- La correzione della durata durante dovuta al funzionamento dell'aerogeneratore;
- La durata del fenomeno quale sommatoria della durata corretta per tutto il periodo (T).

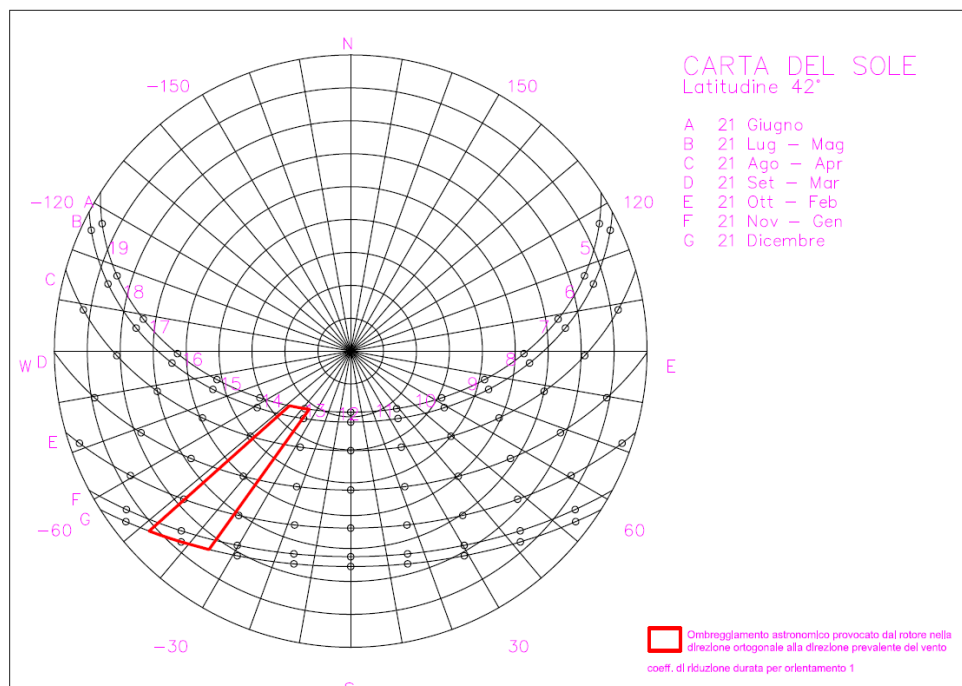
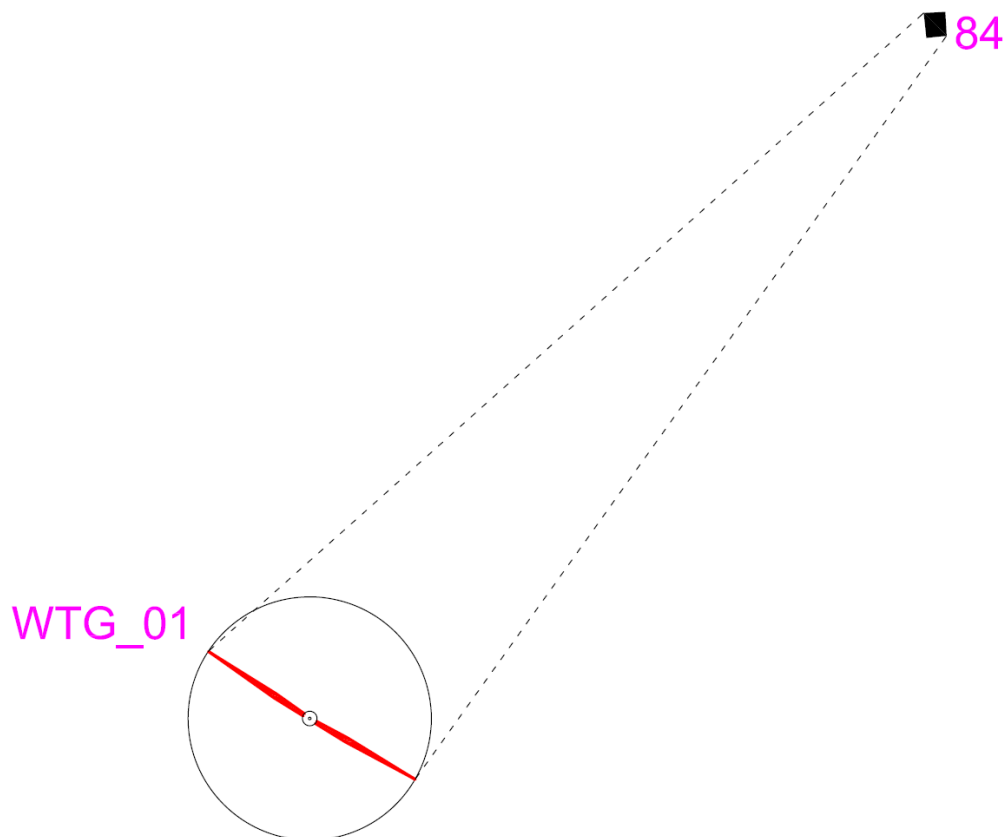
La stima tiene conto del coefficiente dovuto alla stima dell'orientamento del rotore rispetto al ricettore. Infatti, un orientamento non frontale del rotore riduce il periodo di manifestazione del fenomeno rispetto al ricettore. Per la determinazione della durata giornaliera (min/g) è stata presa a riferimento la carta del sole lat. 42.

1. Stima durata Id_42



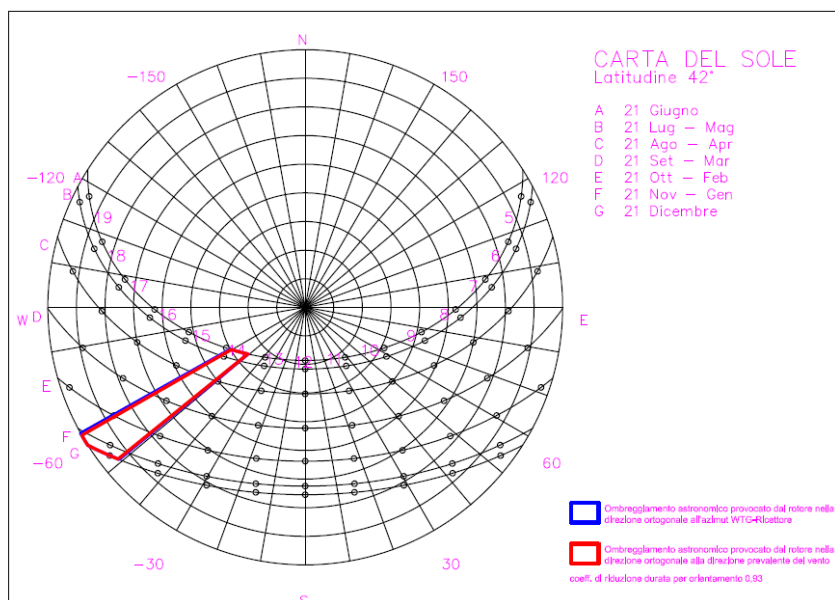
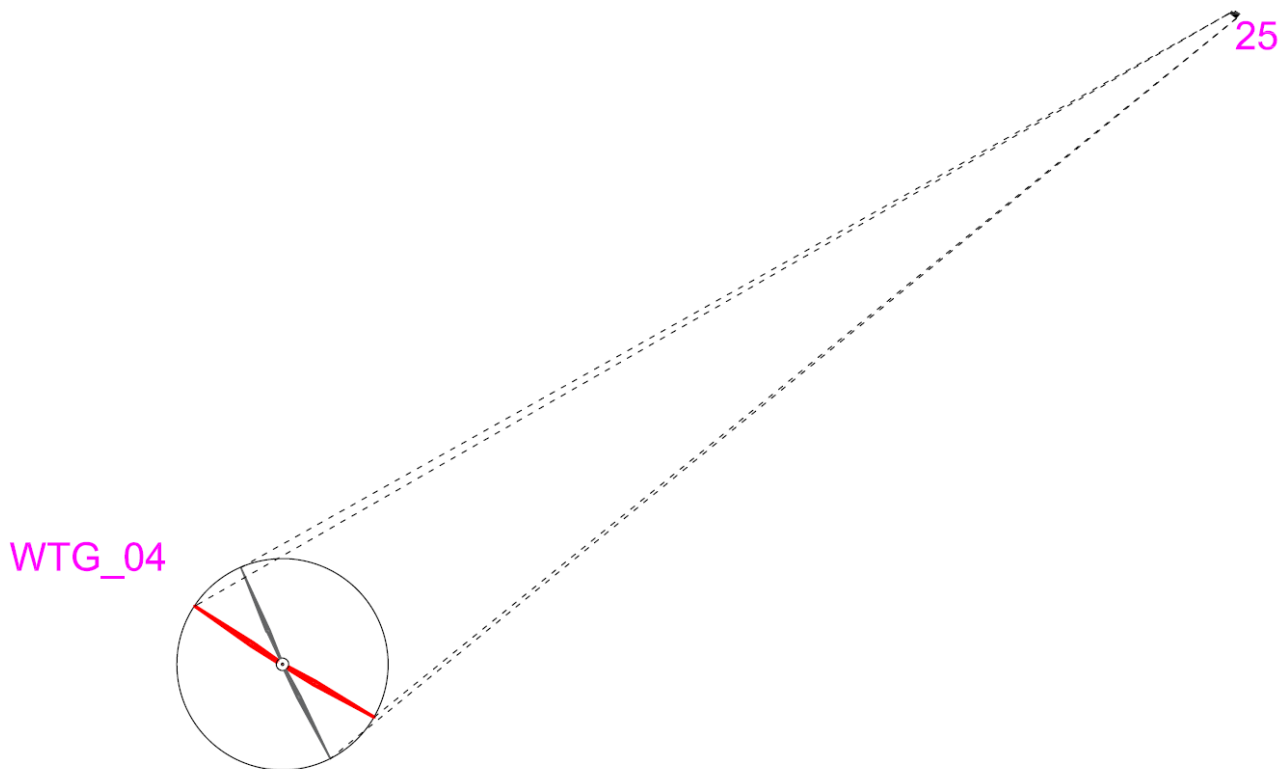
id 42			wtg 1		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			1165,30	azimut	N-NE
			orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)			
giu	30	14	13:55 - 14:40	45,00	22,50	0,68	30,60	1,86	4,07	2,04
lug-mag	61	14	14:10 - 15:08	58,00	58,97	0,72	41,76	1,86	5,56	5,65
ago-apr	61	13	14:40 - 15:50	70,00	71,17	0,61	42,70	1,73	5,68	5,77
set-mar	61	12	15:20- 16:30	70,00	71,17	0,50	35,00	1,60	4,66	4,73
ott-feb	60	11	16:05 - 17:20	75,00	75,00	0,42	31,50	1,46	4,19	4,19
nov-gen	61	9	16:20 - 16:30	10,00	10,17	0,32	3,20	1,20	0,43	0,43
dic	31	9	-	0,00	0,00	0,28	0,00	1,20	0,00	0,00
annuale	365	82	-	328,00	308,97	-	184,76	-	-	22,81

2. Stima durata Id_84



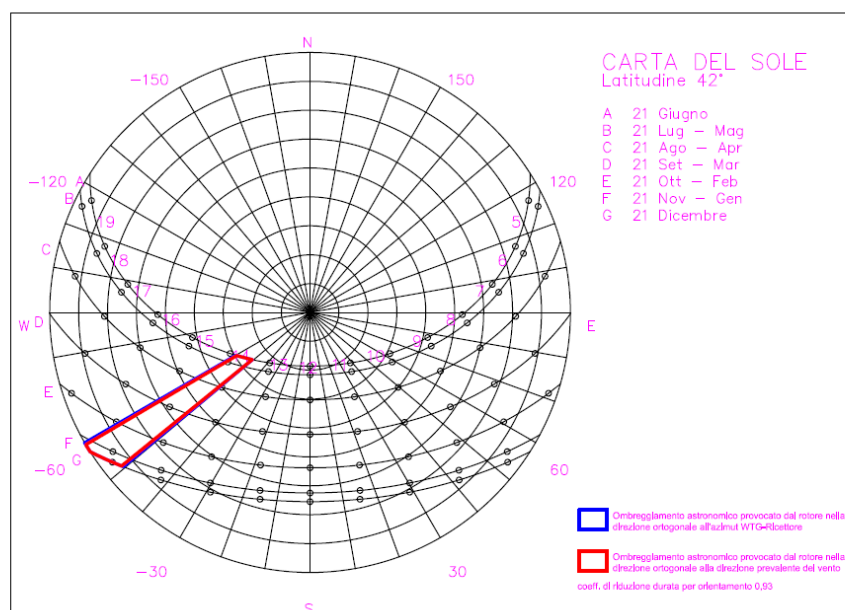
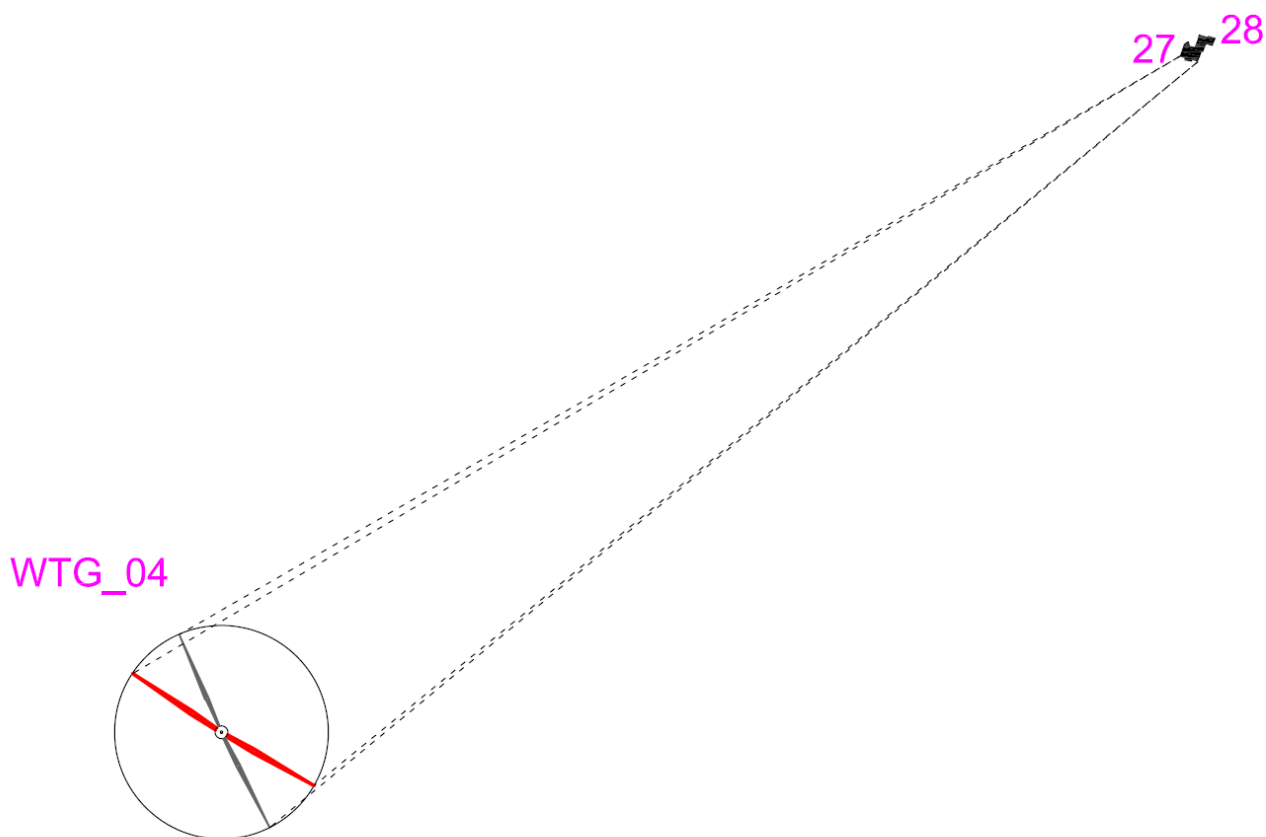
id 84			wtg 1		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			1165,30	azimut	N-NE
			orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)			
giu	30	14	12:58 - 13:15	17,00	8,50	0,68	11,56	1,86	1,54	0,77
lug-mag	61	14	13:00 - 13:20	20,00	20,33	0,72	14,40	1,86	1,92	1,95
ago-apr	61	13	13:20 - 13:50	30,00	30,50	0,61	18,30	1,73	2,43	2,47
set-mar	61	12	13:45- 14:30	45,00	45,75	0,50	22,50	1,60	2,99	3,04
ott-feb	60	11	15:05 - 16:07	62,00	62,00	0,42	26,04	1,46	3,46	3,46
nov-gen	61	9	15:30 - 16:35	65,00	66,08	0,32	20,80	1,20	2,77	2,81
dic	31	9	15:30 - 16:40	70,00	36,17	0,28	19,60	1,20	2,61	1,35
annuale	365	82	-	309,00	269,33	-	133,20	-	-	15,86

3. Stima durata Id_25



id 25			wtg 4		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut				1165,30	azimut	N-NE
	periodo (T)	giorni (g)	ore diurno (H/T)	orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)			
giu	30	14	13:30 - 13:50	20,00	10,00	0,68	13,60	1,86	1,81	0,90	
lug-mag	61	14	13:40 - 14:05	25,00	25,42	0,72	18,00	1,86	2,39	2,43	
ago-apr	61	13	14:05 - 14:45	40,00	40,67	0,61	24,40	1,73	3,25	3,30	
set-mar	61	12	14:50 - 15:35	45,00	45,75	0,50	22,50	1,60	2,99	3,04	
ott-feb	60	11	15:10 - 16:10	60,00	60,00	0,42	25,20	1,46	3,35	3,35	
nov-gen	61	9	15:50 - 16:30	40,00	40,67	0,32	12,80	1,20	1,70	1,73	
dic	31	9	15:55 - 16:35	40,00	20,67	0,28	11,20	1,20	1,49	0,77	
annuale	365	82	-	270,00	243,17	-	127,70	-	-	15,53	

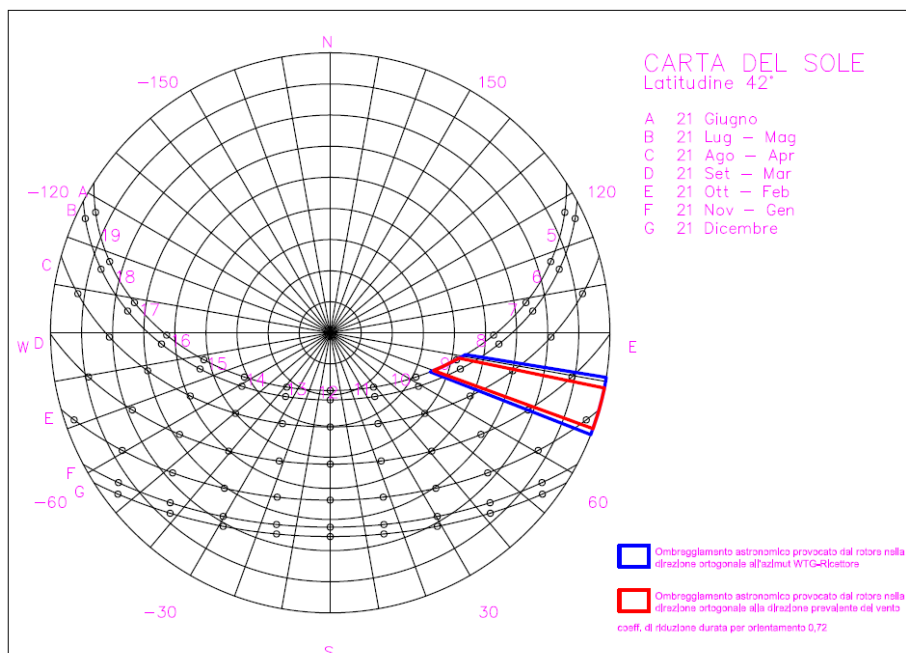
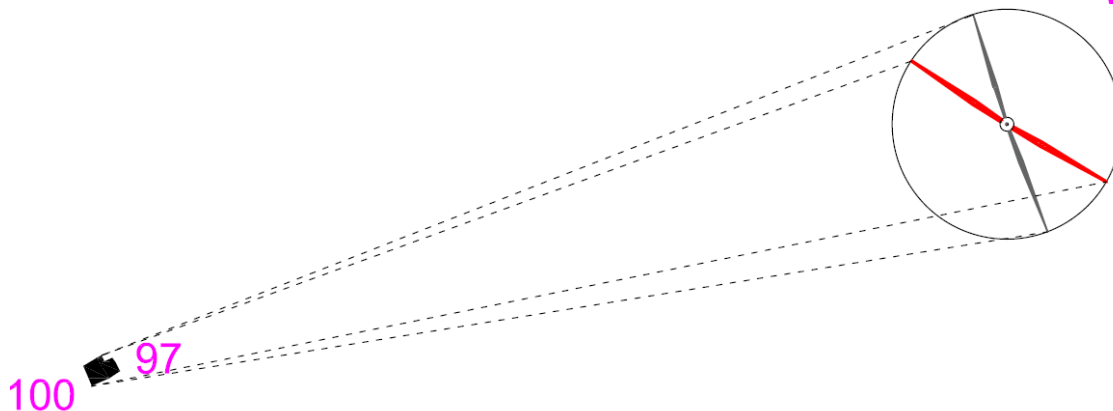
4. Stima durata Id_27-28



id 27-28			wtg 4		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			1165,30	azimut	N-NE
			orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)			
giu	30	14	13:30 - 13:50	20,00	10,00	0,68	13,60	1,86	1,81	0,90
lug-mag	61	14	13:40 - 14:05	25,00	25,42	0,72	18,00	1,86	2,39	2,43
ago-apr	61	13	14:05 - 14:45	40,00	40,67	0,61	24,40	1,73	3,25	3,30
set-mar	61	12	14:50- 15:35	45,00	45,75	0,50	22,50	1,60	2,99	3,04
ott-feb	60	11	15:10 - 16:10	60,00	60,00	0,42	25,20	1,46	3,35	3,35
nov-gen	61	9	15:50 - 16:30	40,00	40,67	0,32	12,80	1,20	1,70	1,73
dic	31	9	15:55 - 16:35	40,00	20,67	0,28	11,20	1,20	1,49	0,77
annuale	365	82	-	270,00	243,17	-	127,70	-	-	15,53

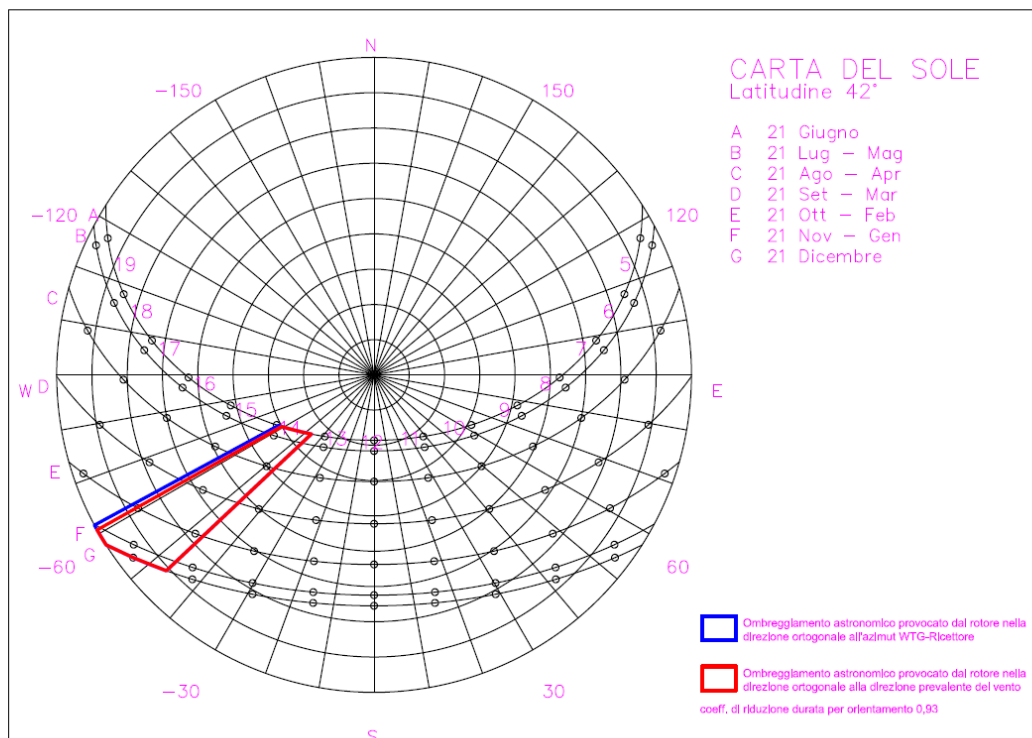
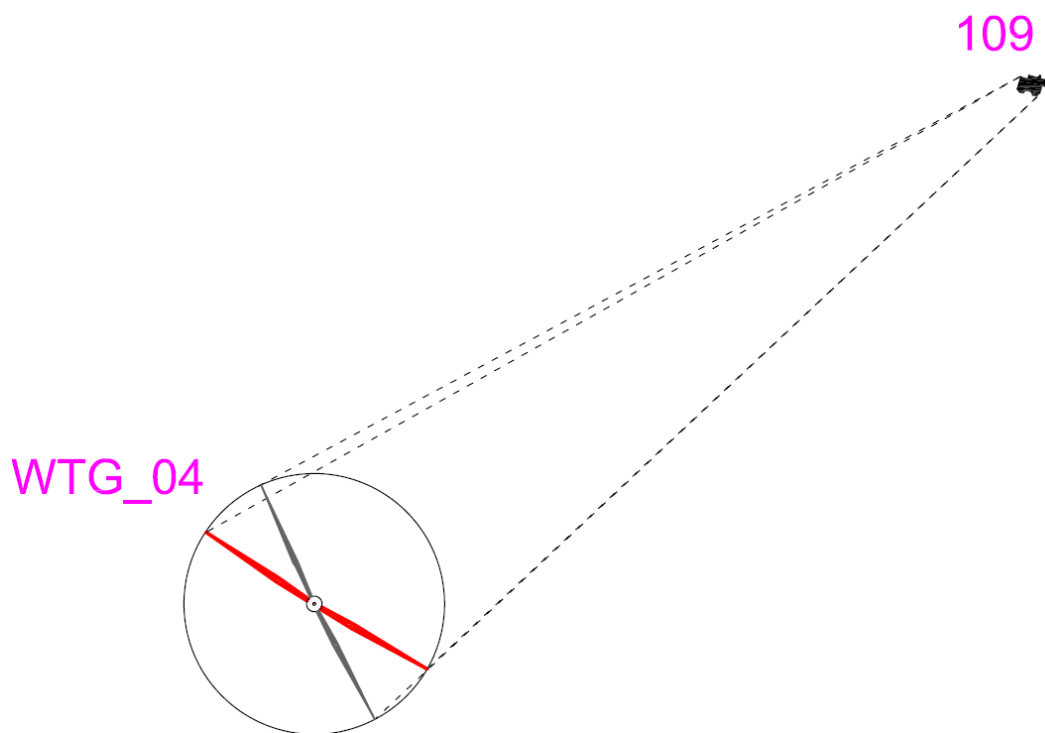
5. Stima durata Id_97-100

WTG_04



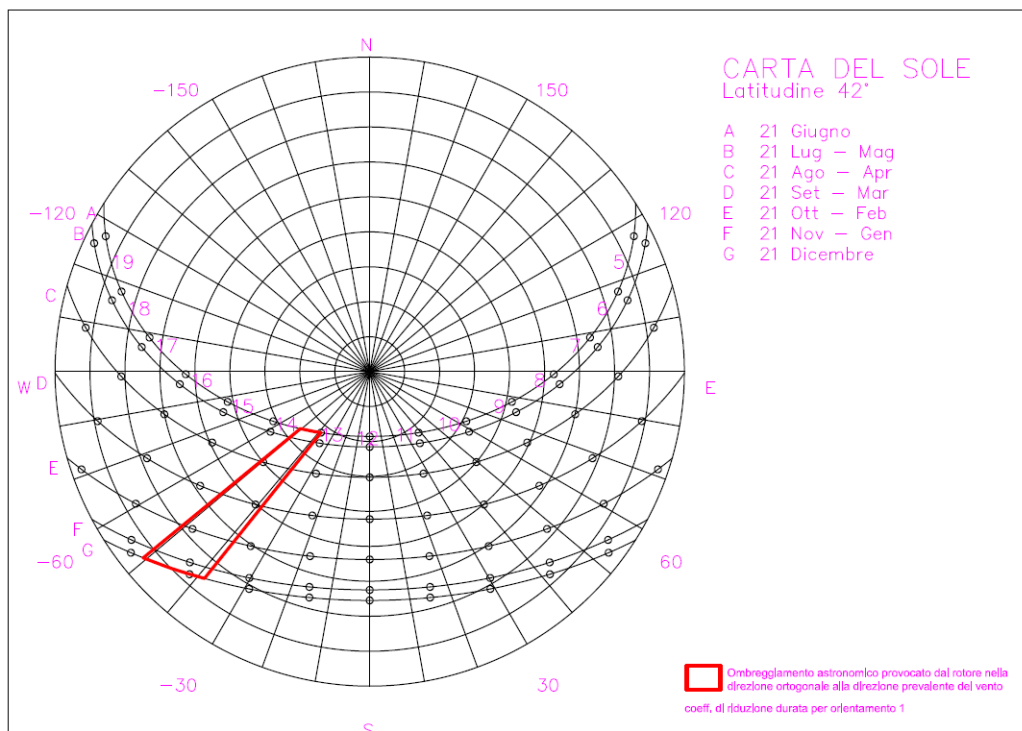
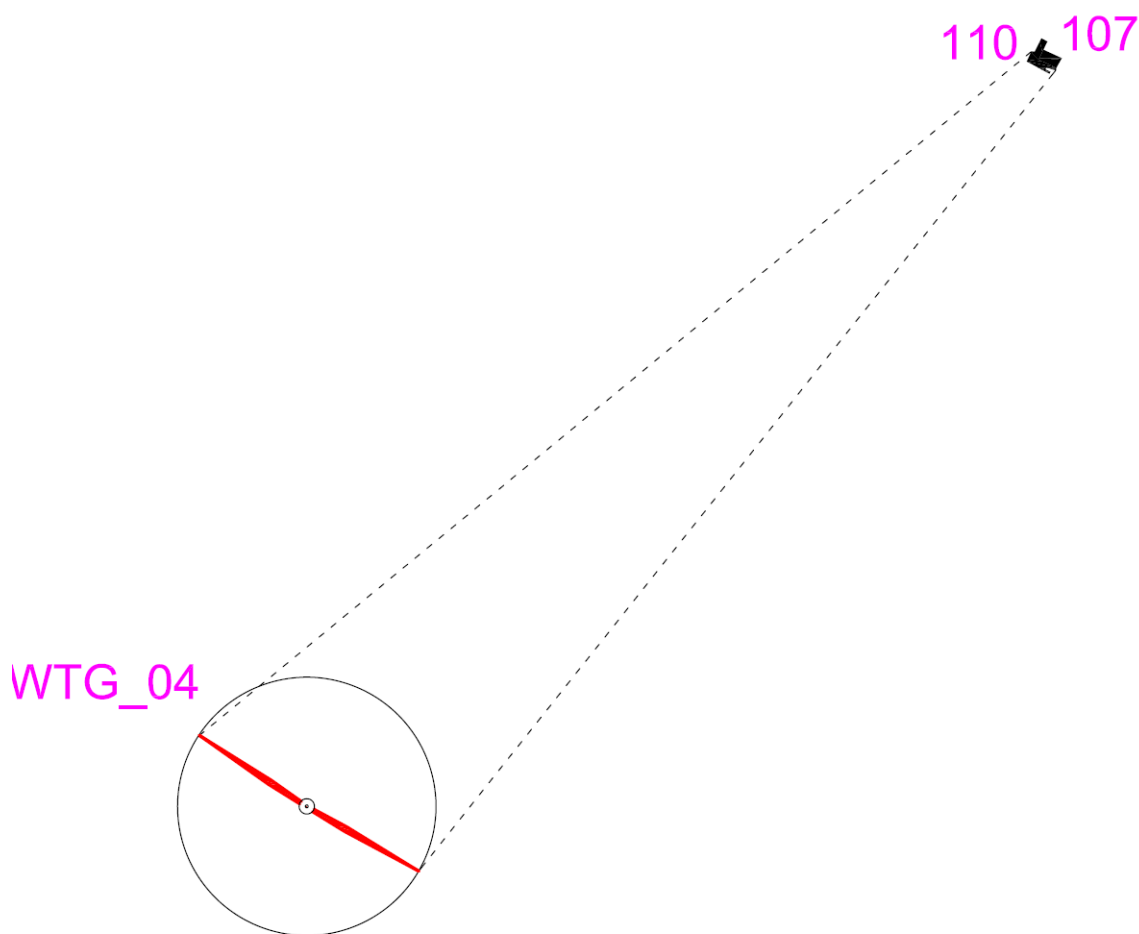
id 97-100			wtg 4		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			131,50	azimut	N-NE
			orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)			
periodo (T)	giorni (g)	ore diurno (H/T)	orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)	esercizio WTG stimata (hdi)	correzione durata per eliofania nelle ore di esercizio WTG (min/g)	durata fenomeno corretta (h/T)
giu	30	14	08:50 - 09:30	40,00	20,00	0,68	27,20	0,21	0,41	0,20
lug-mag	61	14	8:40 - 09:25	45,00	45,75	0,72	32,40	0,21	0,49	0,49
ago-apr	61	13	7:50 - 08:45	55,00	55,92	0,61	33,55	0,20	0,50	0,51
set-mar	61	12	06:50- 08:00	70,00	71,17	0,50	35,00	0,18	0,53	0,53
ott-feb	60	11	06:45 - 07:05	20,00	20,00	0,42	8,40	0,17	0,13	0,13
nov-gen	61	9	-	0,00	0,00	0,32	0,00	0,14	0,00	0,00
dic	31	9	-	0,00	0,00	0,28	0,00	0,14	0,00	0,00
annuale	365	82	-	230,00	212,83	-	136,55	-	-	1,87

6. Stima durata Id_109



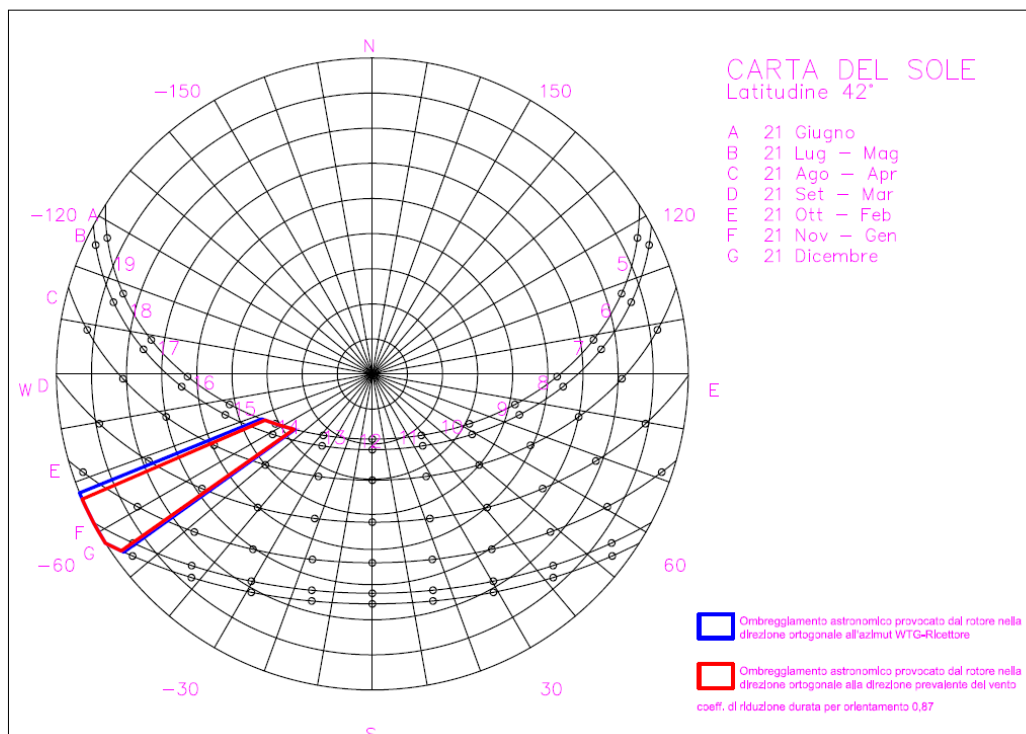
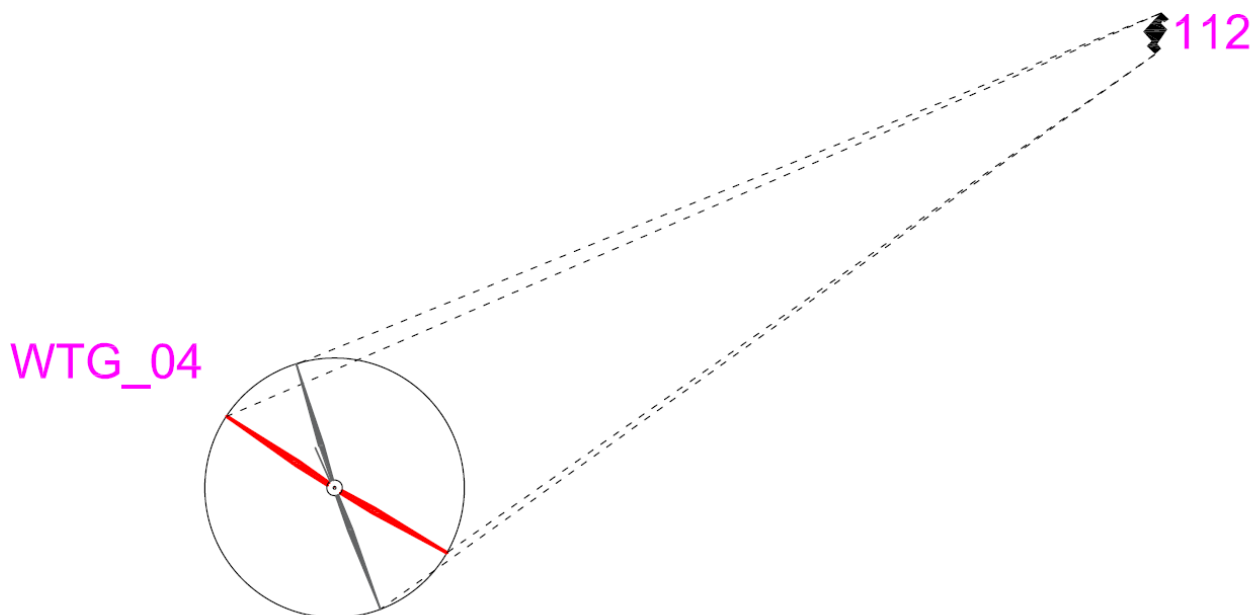
id 109			wtg 4		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			1165,30	azimut	N-NE
			orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)			
giu	30	14	13:15 - 13:58	43,00	21,50	0,68	29,24	1,86	3,89	1,94
lug-mag	61	14	13:17 - 14:10	53,00	53,88	0,72	38,16	1,86	5,08	5,16
ago-apr	61	13	13:45 - 14:40	55,00	55,92	0,61	33,55	1,73	4,46	4,54
set-mar	61	12	14:25- 15:30	65,00	66,08	0,50	32,50	1,60	4,32	4,40
ott-feb	60	11	14:55 - 16:05	70,00	70,00	0,42	29,40	1,46	3,91	3,91
nov-gen	61	9	15:15 - 16:15	60,00	61,00	0,32	19,20	1,20	2,55	2,60
dic	31	9	15:15 - 16:10	55,00	28,42	0,28	15,40	1,20	2,05	1,06
annuale	365	82	-	401,00	356,80	-	197,45	-	-	23,60

7. Stima durata Id_107-110



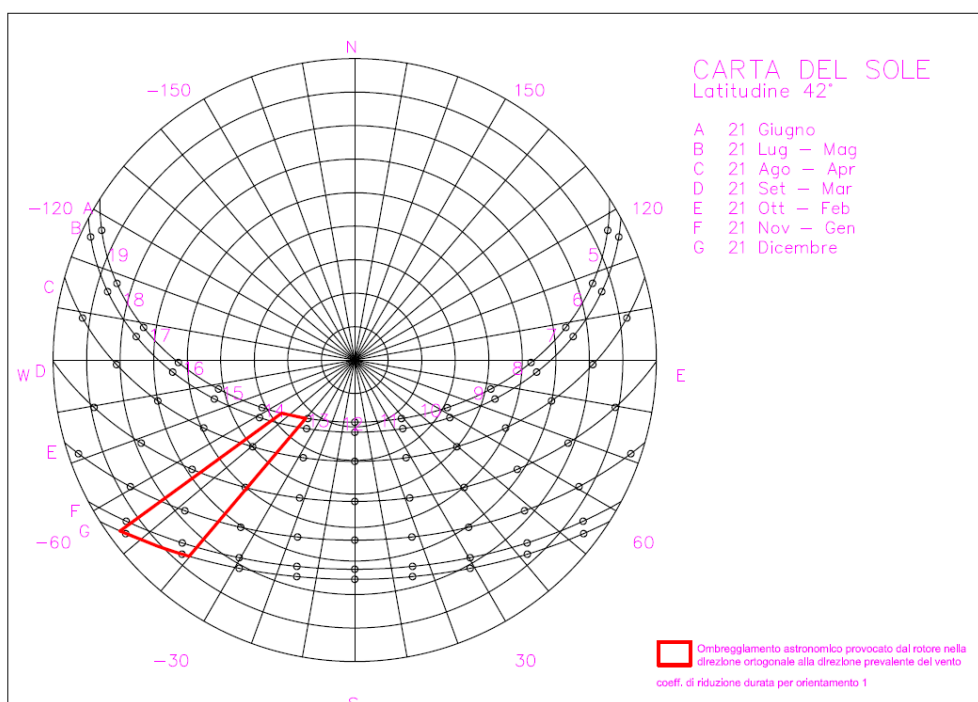
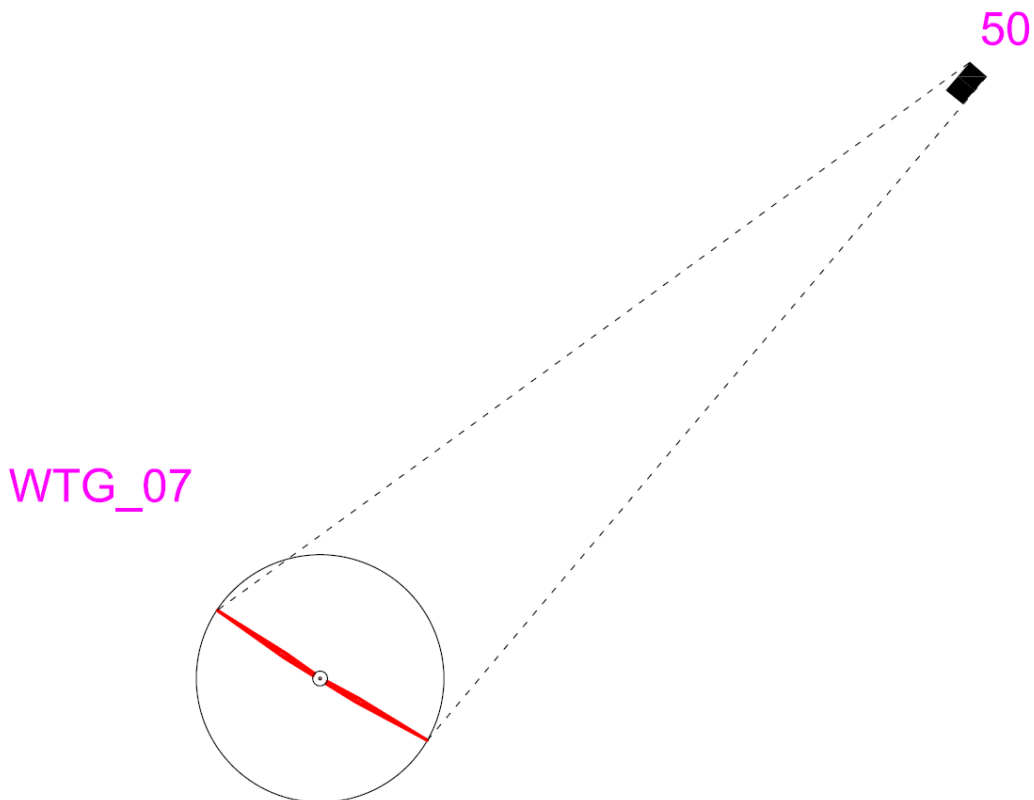
id 107/110			wtg 4		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			1165,30	azimut	N-NE
			orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)			
giu	30	14	13:13 - 13:30	17,00	8,50	0,68	11,56	1,86	1,54	0,77
lug-mag	61	14	13:15 - 13:35	20,00	20,33	0,72	14,40	1,86	1,92	1,95
ago-apr	61	13	13:35 - 14:05	30,00	30,50	0,61	18,30	1,73	2,43	2,47
set-mar	61	12	14:00- 14:45	45,00	45,75	0,50	22,50	1,60	2,99	3,04
ott-feb	60	11	15:20 - 16:22	62,00	62,00	0,42	26,04	1,46	3,46	3,46
nov-gen	61	9	15:45 - 16:50	65,00	66,08	0,32	20,80	1,20	2,77	2,81
dic	31	9	15:45 - 16:55	70,00	36,17	0,28	19,60	1,20	2,61	1,35
annuale	365	82	-	309,00	269,33	-	133,20	-	-	15,86

8. Stima durata Id_112



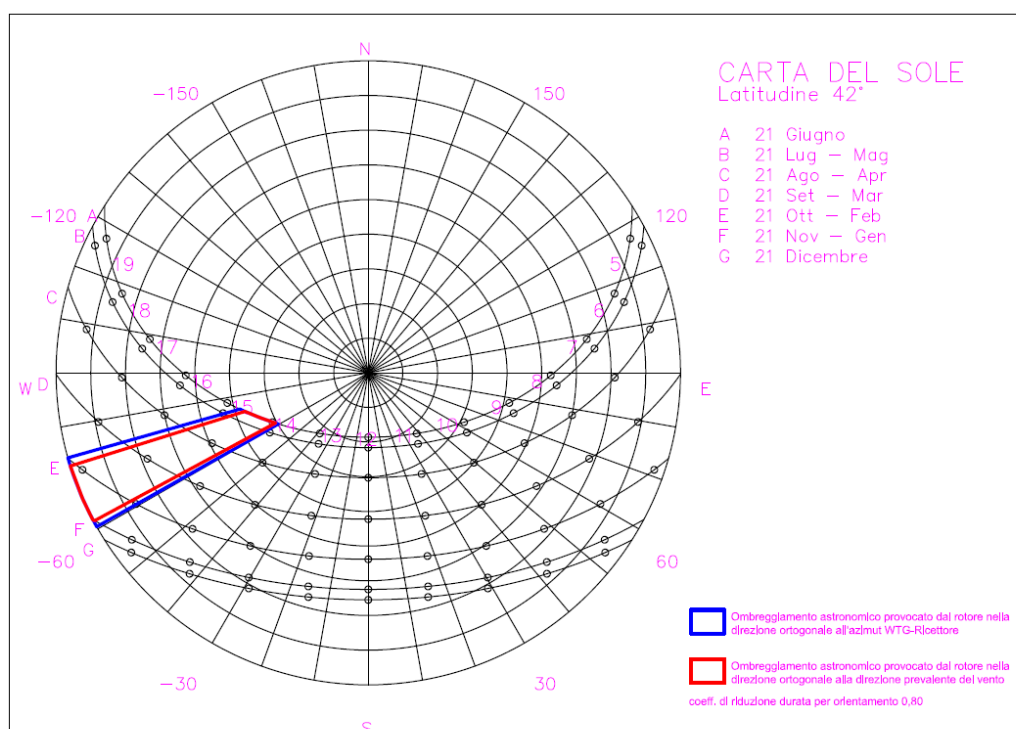
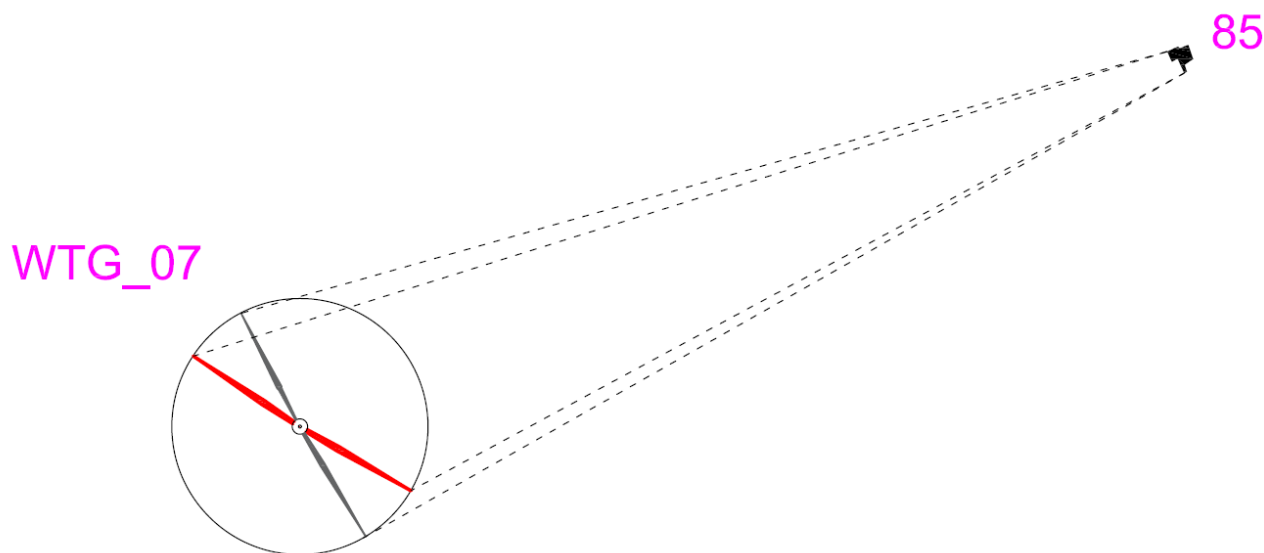
id 112	giorni (g)	ore diurno (H/T)	wtg 4		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			1165,30	azimut	N-NE
			orario fenomeno	durata ideale	durata ideale	% eliofania	correzione durata per	esercizio WTG	correzione durata per	durata fenomeno
giu	30	14	13:50 - 14:15	25,00	12,50	0,68	17,00	1,86	2,26	1,13
lug-mag	61	14	13:55 - 14:25	30,00	30,50	0,72	21,60	1,86	2,87	2,92
ago-apr	61	13	14:10 - 15:07	57,00	57,95	0,61	34,77	1,73	4,63	4,70
set-mar	61	12	14:55- 15:58	63,00	64,05	0,50	31,50	1,60	4,19	4,26
ott-feb	60	11	15:30 - 16:40	70,00	70,00	0,42	29,40	1,46	3,91	3,91
nov-gen	61	9	15:58 - 16:30	32,00	32,53	0,32	10,24	1,20	1,36	1,38
dic	31	9	16:15 - 16:35	20,00	10,33	0,28	5,60	1,20	0,74	0,38
annuale	365	82	-	297,00	277,87	-	150,11	-	-	18,70

9. Stima durata Id_50



id 50			wtg 7		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			1165,30	azimut	N-NE
			orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)			
giu	30	14	13:00 - 13:40	40,00	20,00	0,68	27,20	1,86	3,62	1,81
lug-mag	61	14	13:10 - 13:50	40,00	40,67	0,72	28,80	1,86	3,83	3,89
ago-apr	61	13	13:30 - 14:20	50,00	50,83	0,61	30,50	1,73	4,06	4,12
set-mar	61	12	13:58- 14:50	52,00	52,87	0,50	26,00	1,60	3,46	3,52
ott-feb	60	11	14:30 - 15:30	60,00	60,00	0,42	25,20	1,46	3,35	3,35
nov-gen	61	9	14:55 - 15:58	63,00	64,05	0,32	20,16	1,20	2,68	2,73
dic	31	9	14:55 - 16:05	70,00	36,17	0,28	19,60	1,20	2,61	1,35
annuale	365	82	-	375,00	324,58	-	177,46	-	-	20,77

10. Stima durata Id_85



id 85			wtg 7		ore esercizio totale nella direzione dell'azimut			932,24	azimut	NE
periodo (T)	giorni (g)	ore diurno (H/T)	orario fenomeno	durata ideale fenomeno (min/g)	durata ideale annua (h/T)	% eliofania (hdi/hst)	correzione durata per eliofania (min/g)	esercizio WTG stimata (hdi)	correzione durata per eliofania nelle ore di esercizio WTG (min/g)	durata fenomeno corretta (h/T)
giu	30	14	13:55 - 14:50	55,00	27,50	0,68	37,40	1,49	3,98	1,99
lug-mag	61	14	14:05 - 15:00	55,00	55,92	0,72	39,60	1,49	4,21	4,28
ago-apr	61	13	14:35 - 15:50	75,00	76,25	0,61	45,75	1,38	4,87	4,95
set-mar	61	12	15:15- 16:30	75,00	76,25	0,50	37,50	1,28	3,99	4,06
ott-feb	60	11	16:00 - 17:10	70,00	70,00	0,42	29,40	1,17	3,13	3,13
nov-gen	61	9	16:30 - 16:45	15,00	15,25	0,32	4,80	0,96	0,51	0,52
dic	31	9	-	0,00	0,00	0,28	0,00	0,96	0,00	0,00
annuale	365	82	-	345,00	321,17	-	194,45	-	-	18,93

Conclusioni

Da una approfondita analisi mirata alla stima della più probabile durata del fenomeno di shadow flickering sui ricettori sensibili valutata correggendo le risultanze della valutazione basata sull'ombreggiamento astronomico con l'eliofania locale e con la stima della durata di funzionamento degli aerogeneratori è emerso che detta durata è risultata inferiore alle 30 ore/anno (limite di trascurabilità per analisi approfondita) per ciascuno dei ricettori considerati per come riassunto nel prospetto che segue.

id	tipologia	Riferimento WTG	Durata del fenomeno corretta (h/anno)
42	Categoria A	WTG_01	22,81
84	Categoria A	WTG_01	15,86
25	Categoria A	WTG_04	15,53
27 - 28	Categoria A	WTG_04	15,53
97 - 100	Categoria A	WTG_04	1,87
109	Categoria A	WTG_04	23,60
107 - 110	Categoria A	WTG_04	15,86
112	Categoria A	WTG_04	18,70
50	Categoria A	WTG_07	20,77
85	Categoria A	WTG_07	18,93

L'analisi svolta dimostra che la realizzazione del parco eolico di cui al presente progetto interferisce in maniera trascurabile sensibile sui ricettori per quanto riguarda il verificarsi dell'effetto

shadow flickering in quanto, tale fenomeno è potenzialmente riscontrabile solo in periodi limitati della giornata durante alcuni mesi dell'anno.

Lo studio ha dimostrato la piena compatibilità dell'ubicazione degli aerogeneratori nei confronti del fenomeno di shadow flickering sui fabbricati circostanti non riscontrando effetti significativi che necessitano di ulteriori misure di mitigazione.

Al fine di limitare ulteriormente il verificarsi di tali fenomeni di shadow flickering sui ricettori presenti sono comunque praticabili ulteriori opere di mitigazione quali: piantumazione di alberi o piante sempre verdi prospicienti alle aperture finestrate degli edifici qualora rivolte verso gli aerogeneratori.

i progettisti:

ing. Giovanni Guzzo Foliaro

ing. Amedeo Costabile

ing. Francesco Meringolo