

Regione



Calabria

COMUNE DI  
CENTRACHE



COMUNE DI  
MONTEPAONE



COMUNE DI  
PETRIZZI



Provincia di



Catanzaro

**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 5 AEROGENERATORI DA REALIZZARE NEI COMUNI DI CENTRACHE (CZ) E MONTEPAONE (CZ) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEL COMUNE DI PETRIZZI (CZ)**

ELABORATO

**STUDIO DEGLI EFFETTI DI SHADOW-FLICKERING**

**A.8**

PROPONENTE:



**SKI 17 s.r.l.** via Caradosso n.9  
Milano 20123  
P.Iva 12128880965

PROGETTO E SIA:



Via Caduti di Nassirya, 55  
70124- Bari (BA)  
pec: atechsrl@legalmail.it

Ing. Alessandro Antezza

Il DIRETTORE TECNICO  
Ing. Orazio Tricarico



**SOLARITES s.r.l.**  
piazza V. Emanuele II n.14  
Ceva (CN) 12073

CONSULENZA:

0	DIC 2022	B.B.	A.A. - O.T.	A.A. - O.T.	Progetto Definitivo
EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

<b>1.PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3.ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA .....</b>	<b>4</b>
<b>4.EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO.....</b>	<b>5</b>

## 1. PREMESSA

Il presente documento, allegato al progetto definitivo, analizza l'evoluzione dell'ombra (shadow flickering) indotta dagli aerogeneratori nell'area di intervento.

Al momento, solo la Germania ha linee guida dettagliate sui limiti e le condizioni per il calcolo dell'impatto dell'ombra e sono normate dalla "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen" (WEA-Shattenwurf-Hinweise).

Secondo le linee guida tedesche, il limite per il quale si genera l'impatto dell'ombra è fissato da due fattori:

- L'angolo del sole sull'orizzonte deve essere di almeno 3 gradi;
- Le eliche della WTG devono coprire almeno il 20% del sole.

In Italia, come suddetto, non esistono limiti normati per la definizione e la classificazione di un recettore come sensibile, tuttavia il PIEAR approvato con DGR 2260 del 29.12.2010 e s.m.i. (ultimo aggiornamento L.R. 13/03/2019, n. 4) all'art.3 c.1, lett. c) e d) definisce la corretta interpretazione da attribuire al termine abitazione/edificio in funzione anche della classificazione catastale degli stessi.

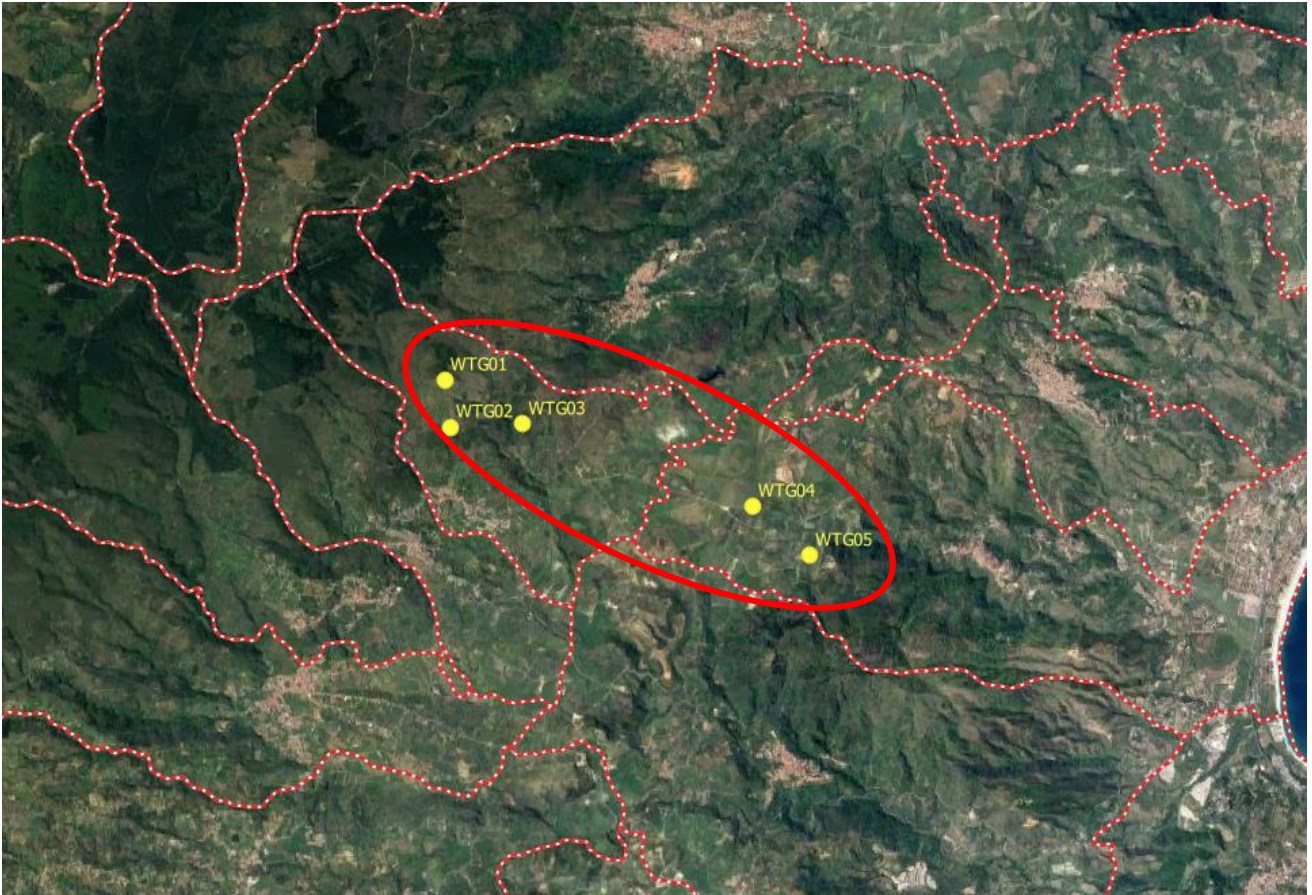
Il fenomeno dello shadow flicker consiste in una variazione intermittente dell'intensità di luce naturale provocato da una pala eolica in rotazione. Tale fenomeno, in particolari condizioni di frequenza, di intensità e di durata, può arrecare disturbo all'individuo presente all'interno di un'abitazione che subisce questo effetto.

Se infatti la frequenza delle variazioni di intensità della luce è alta e dura a lungo, il disturbo arrecato è significativo; è stato scientificamente dimostrato che una frequenza dello sfarfallio superiore a 2,5 hertz può causare fastidio e provocare un effetto disorientante su una piccola percentuale della popolazione (2% circa).

In generale, gli aerogeneratori utilizzati nel progetto in oggetto hanno una velocità di rotazione inferiore a 20 giri al minuto, equivalente ad una frequenza inferiore ad 1 Hz, di molto inferiore a quelle incluse nell'intervallo che potrebbe provocare un senso di fastidio, e cioè tra i 2,5 Hz ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984). Perciò le frequenze di passaggio delle pale risulteranno ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

## 2. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in oggetto consiste nella realizzazione di **parco eolico di potenza complessiva pari a 33 MW** da realizzare nei comuni di **Centrache (CZ)** e **Montepaone (CZ)** e relative opere di connessione ricadenti nel comune di **Petrizzi (CZ)**.



**Figura 2-1: Inquadramento territoriale su ortofoto**

Il layout dell'impianto è costituito da **5 turbine eoliche** ciascuna avente **diametro rotore fino a 170 m e altezza al mozzo fino a 115 metri**, ciascuna aventi **potenza massima pari a 6,6 MW**.

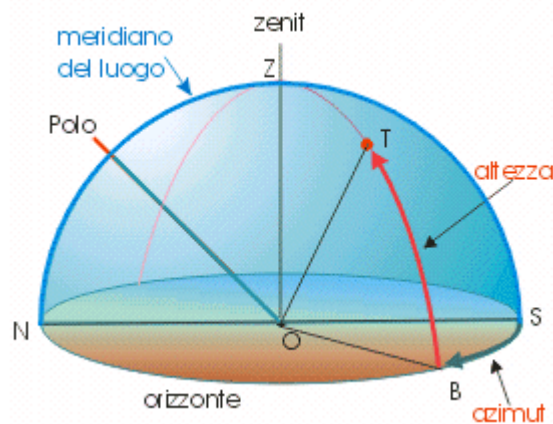
L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà raccolta dalla cabina di consegna d'impianto, dotata di trasformatore MT/AT, da realizzarsi nei pressi della stazione di consegna Terna ubicata nel territorio del comune di Petrizzi (PZ).



### 3. ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA

La posizione occupata da un oggetto nel cielo, come il sole, può essere univocamente individuata con due coordinate angolari: azimut ed elevazione.

L'azimut si misura in senso orario sul piano orizzontale a partire dal nord geografico fino al punto sull'orizzonte direttamente sotto all'oggetto; l'elevazione o altezza si misura sul piano verticale, partendo dal suddetto punto, su fino all'oggetto.



**Figura 3-1: Individuazione dell'altezza e dell'azimut**

Poiché la Terra si muove rispetto al sole, l'azimut e l'elevazione cambiano continuamente nel tempo ed il percorso seguito nel cielo durante il giorno dal sole appare più o meno come un arco. Ogni giorno ha il suo arco, il quale si discosta leggermente sia da quello percorso il giorno precedente sia da quello che percorrerà il giorno seguente. Tuttavia un certo arco si ripete quasi esattamente ogni anno.

Per giorno s'intende il periodo nel quale giunge a noi la luce solare diretta.; quindi la durata del giorno è il tempo che intercorre tra alba e tramonto.

La durata del giorno non coincide con la durata della luce naturale.

Infatti sia prima dell'alba sia dopo il tramonto ci sono intervalli di tempo, chiamati entrambe crepuscolo (rispettivamente crepuscolo mattutino e crepuscolo serale o serotino), durante i quali giunge a terra una luce diffusa naturale fornita dai livelli atmosferici superiori.

Questi, trovandosi a quota superiore, ricevono infatti luce solare diretta per un tempo più lungo e ne riflettono una parte verso la terra. Senza atmosfera il passaggio dal giorno alla notte e viceversa

sarebbe immediato e brusco; la durata dell'illuminazione solare è quindi pari alla somma della durata del giorno e della durata dei crepuscoli mattutino e serale.

#### **4. EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO**

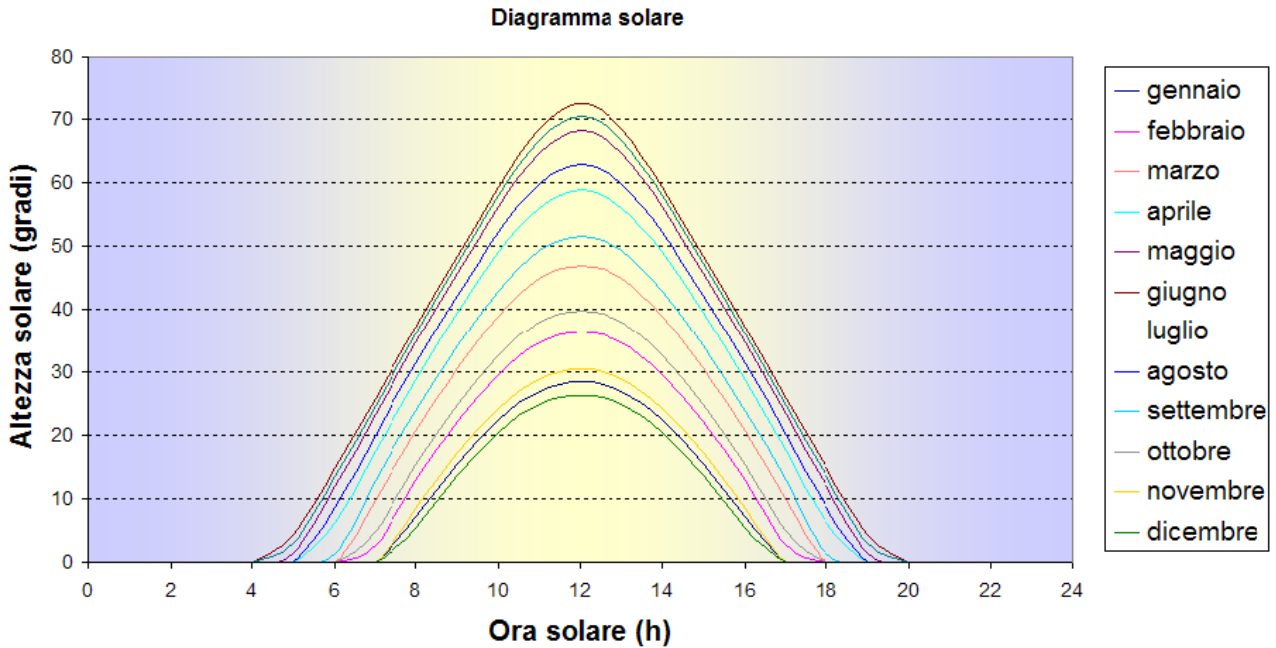
Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta.

Rispetto alle altre strutture sviluppate in altezza (come tralicci della alta tensione, pali della illuminazione, pali di media tensione, torrini piezometrici, silos, ecc), il problema che può determinare un aerogeneratore non è la proiezione dell'ombra sul terreno e/o strutture esistenti, bensì il movimento della stessa dovuto alla rotazione delle pale.

Una progettazione attenta a questa problematica permette di evitare il fenomeno di flickering (turbina in moto interposta tra una fonte luminosa e l'osservatore) semplicemente prevedendo il luogo di incidenza dell'ombra e disponendo le turbine in maniera tale che l'ombra sulle zone sensibili non superi un certo numero di ore all'anno.

A tal proposito è stato prodotto lo studio dell'evoluzione dell'ombra generata dagli aerogeneratori (altezza complessiva), eseguito grazie all'ausilio di un software che effettua analisi informative territoriali sulla base di cartografie digitali.

Il software ha permesso l'esecuzione dei calcoli della proiezione dell'ombra nell'arco di un intero anno solare.



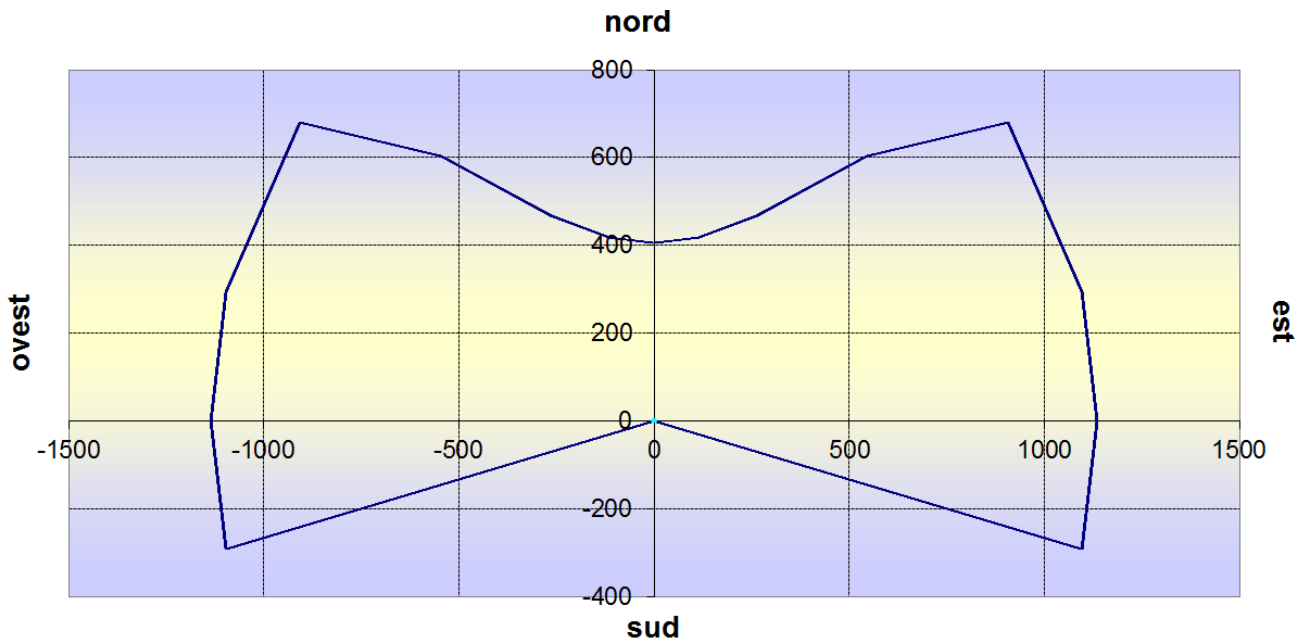
**Figura 4-1: Diagramma solare della zona di Aliano**

Le simulazioni sono state effettuate considerando due diversi scenari:

- sole con un'altezza sull'orizzonte di 5°;
- sole con un'altezza sull'orizzonte di 10°.

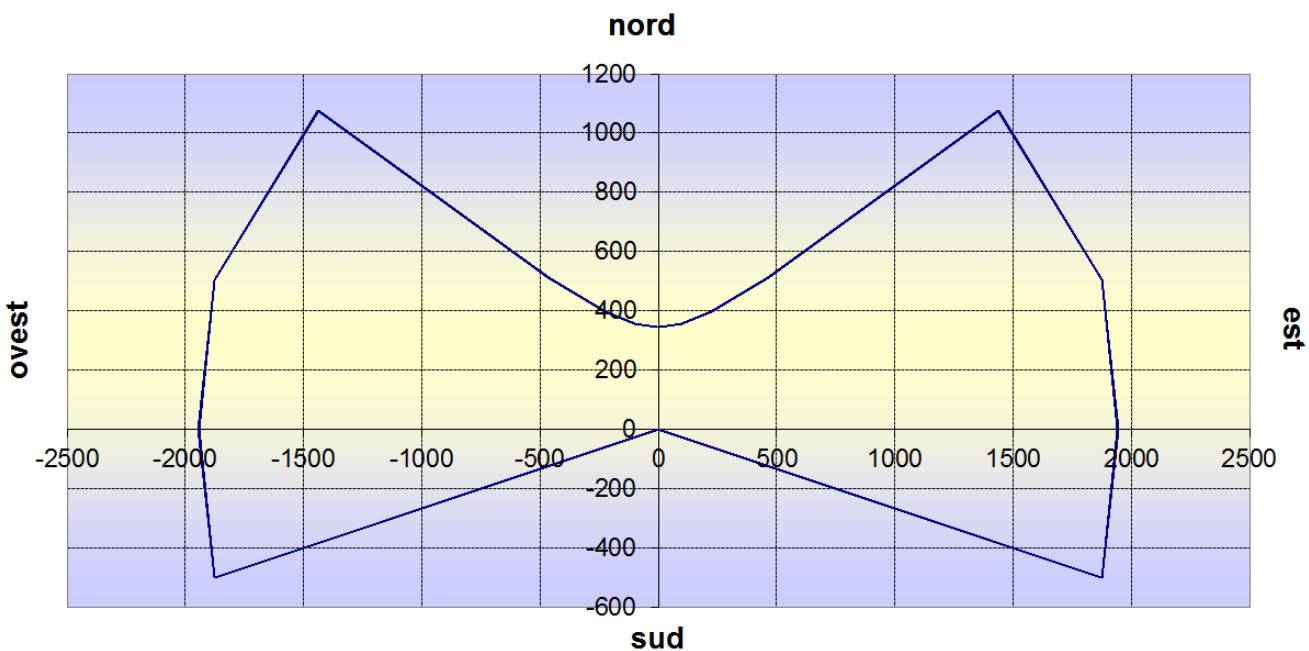
Vengono così generate due aree di ombreggiamento; una più estesa, quella a 5°, in cui l'ombreggiamento avviene dalle ore 5 a.m. alle ore 19 p.m., ed una più ristretta, a 10°, dove si considera l'ombreggiamento dalle ore 5,30 a.m. alle ore 18.30 p.m.

**Diagramma Obreggiamento**



**Figura 4-2: Diagramma di ombreggiamento della zona di Centrache (angolo limite 10°)**

**Diagramma Obreggiamento**



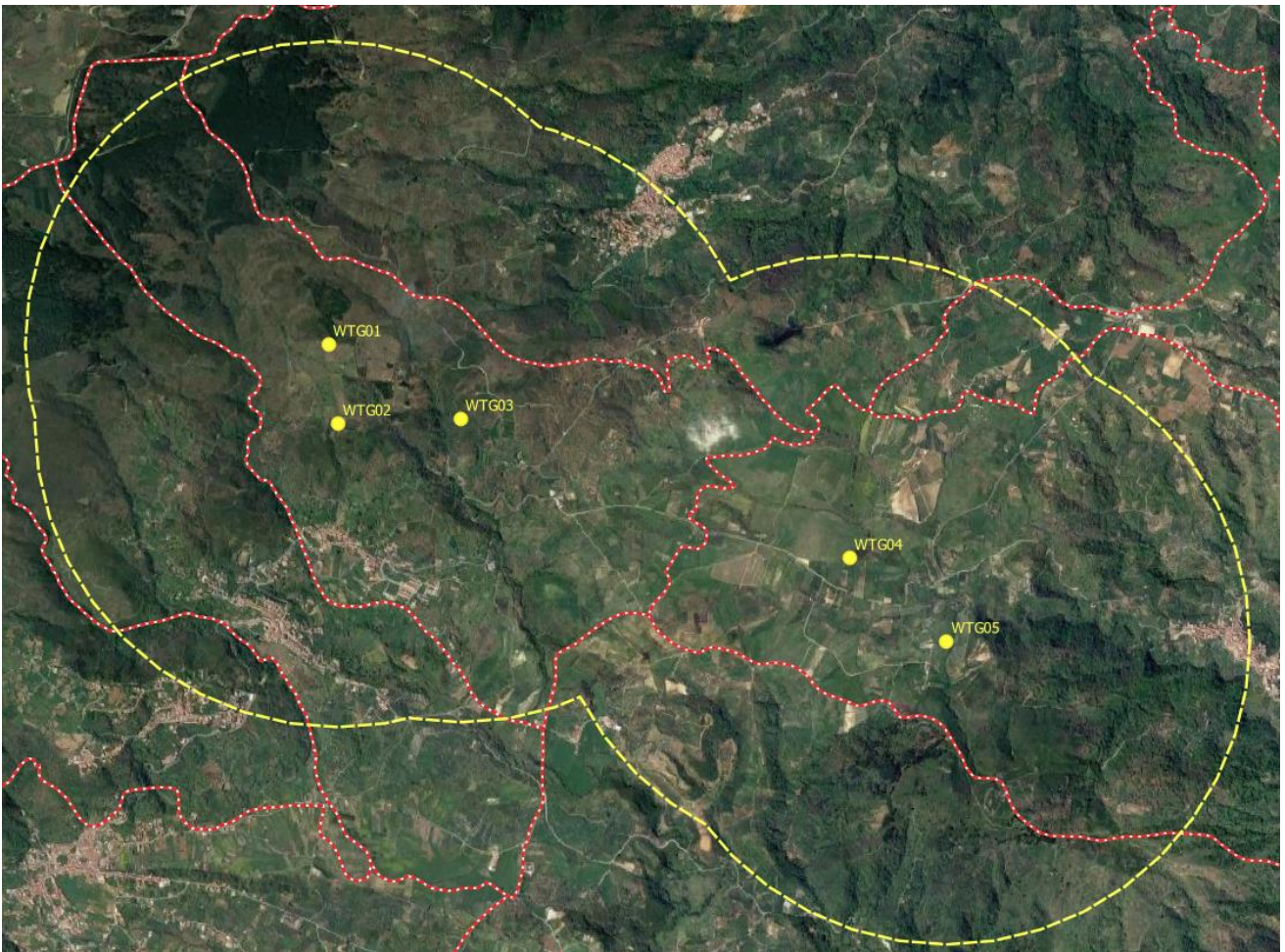
**Figura 4-3: Diagramma di ombreggiamento della zona di Centrache (angolo limite 5°)**



I diagrammi in figura mostrano, al variare dell'angolo limite considerato e quindi della altezza solare rispetto all'orizzonte.

Tale ombreggiamento, determinato per una superficie piana, è stato poi adattato alla orografia del suolo, note le quote altimetriche del terreno dell'area del parco.

Lo studio dell'ombreggiamento è finalizzato alla verifica dell'effetto flickering sui ricettori sensibili (rappresentati nell'immagine seguente) presenti nei pressi del parco eolico, in particolare è stata definita un'area di indagine avente 2km di raggio da ciascuna WTG, ovvero 10 volte l'altezza complessiva.



**Figura 4-4: Individuazione dell'area di indagine**

In seguito è stata elaborata la mappa sotto riportata relativa all'evoluzione dell'ombra.





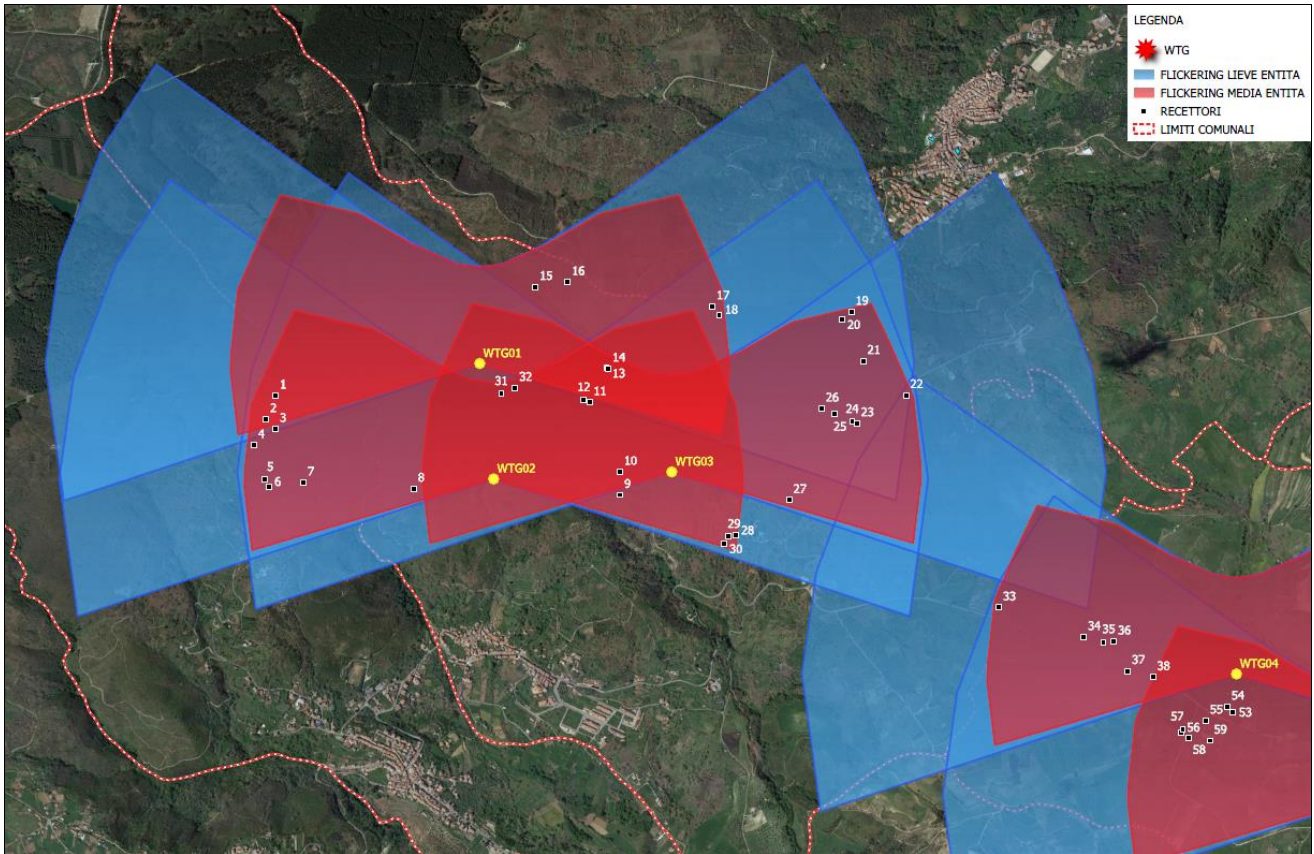
**Figura 4-5: Evoluzione dell'ombra nell'area di indagine**

La differenziazione di colore individua il passaggio dell'altezza dell'angolo solare da 5° a 10°.

L'effetto flickering, ossia l'oscillazione dell'ombra prodotta dal rotore, non deve verificarsi, secondo la normativa vigente, in maniera prolungata in prossimità di abitazioni, masserie, o comunque luoghi dove sia prevista una sosta superiore alle 4 ore.

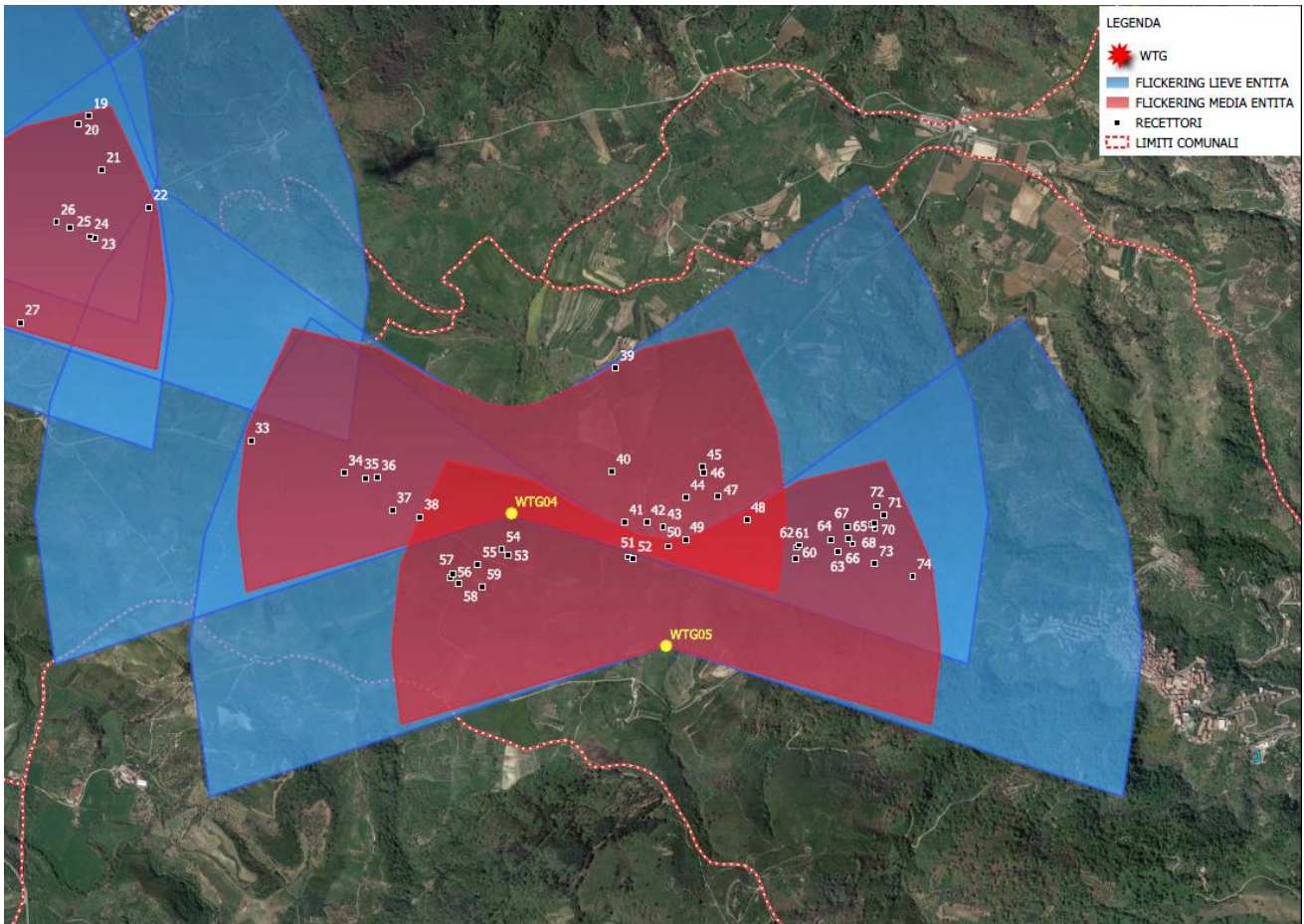
Si è quindi analizzata **l'intensità dell'effetto flickering**: l'assenza di flickering si verifica quando ci si trova sulla **linea blu** di confine della proiezione dell'ombra; si passa da trascurabile a lieve entità nella fascia che degrada dal **bordo blu** verso il **bordo interno rosso**; ovviamente diventa di media intensità all'interno dell'**area rossa**, sino a divenire intenso in prossimità dell'aerogeneratore.

Nelle immagini seguenti sono individuate planimetricamente le aree ombreggiate su descritte, con la finalità di verificare nel dettaglio se insistono sui ricettori sensibili e quantificarne l'intensità dell'impatto prodotto.



**Figura 4-6: Effetto delle turbine 01, 02 e 03**





**Figura 4-7: Effetto delle turbine 04 e 05**

Al fine di valutare la percezione dell'effetto flickering sui recettori presenti nell'area a media intensità, ovvero quelli presenti all'interno dell'**area rossa** è stata elaborata la seguente tabella che ha consentito di identificare i **recettori sensibili**.

Pertanto una volta individuati i recettori presenti nell'area a effetto flickering di media intensità si è indagata la categoria catastale degli immobili:

ID	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	CAT. FABBRICATO
1	OLIVADI	3	3	FABB DIRUTO
2	OLIVADI	3	44	FABB DIRUTO
3	OLIVADI	3	50	FABB DIRUTO
4	OLIVADI	3	94	FABB DIRUTO
5	OLIVADI	3	120	FABB DIRUTO
6	OLIVADI	3	126	FABB DIRUTO
7	OLIVADI	3	100	NON ACCATASTATO



8	CENTRACHE	5	19	FABB DIRUTO
9	CENTRACHE	6	52	FABB DIRUTO
10	CENTRACHE	6	31	FABB DIRUTO
11	CENTRACHE	5	216	C02
12	CENTRACHE	5	216	A03
13	CENTRACHE	4	123	FABB DIRUTO
14	CENTRACHE	4	123	FABB DIRUTO
15	CENTRACHE	3	40	NON ACCATASTATO
16	CENTRACHE	3	46	FABB DIRUTO
17	PALERMITI	24	675	C02
18	PALERMITI	24	677	C02
19	PALERMITI	24	290	FABB DIRUTO
20	PALERMITI	24	291-292	AREA FABB DEMOLITO
21	PALERMITI	24	341	AREA FABB DEMOLITO
22	CENTRACHE	8	273	C02 A03
23	CENTRACHE	7	348	C01
24	CENTRACHE	7	357	NON ACCATASTATO
25	CENTRACHE	7	90	FABB DIRUTO
26	CENTRACHE	7	86	FABB DIRUTO
27	CENTRACHE	7	359	F03
28	CENTRACHE	7	208	NON ACCATASTATO
29	CENTRACHE	7	204	FABB DIRUTO
30	CENTRACHE	7	205	FABB DIRUTO
31	CENTRACHE	3	21	FABB DIRUTO
32	CENTRACHE	3	NON ACC.	NON ACCATASTATO
33	CENTRACHE	9	381	A03
34	MONTEPAONE	2	382	D10
35	MONTEPAONE	2	383	D10
36	MONTEPAONE	2	412	A04
37	MONTEPAONE	5	286	C02
38	MONTEPAONE	5	291	C02
39	MONTEPAONE	2	385	A04
40	MONTEPAONE	2	237	FABB DIRUTO
41	MONTEPAONE	6	328	C02
42	MONTEPAONE	6	343	C02
43	MONTEPAONE	6	52	NON ACCATASTATO
44	MONTEPAONE	6	17	FABB DIRUTO
45	MONTEPAONE	3	130	FABB DIRUTO
46	MONTEPAONE	3	126	NON ACCATASTATO
47	MONTEPAONE	6	24	FABB DIRUTO

48	MONTEPAONE	6	315	C02 F02
49	MONTEPAONE	6	332	A03
50	MONTEPAONE	6	309	F02
51	MONTEPAONE	6	337	F02
52	MONTEPAONE	6	338	F02
53	MONTEPAONE	5	289	C02
54	MONTEPAONE	5	294	C02
55	MONTEPAONE	5	297	C02
56	MONTEPAONE	5	285	C02
57	MONTEPAONE	5	276	C06 F03
58	MONTEPAONE	5	277	C02
59	MONTEPAONE	5	341	C02
60	MONTEPAONE	7	849	C02
61	MONTEPAONE	7	888	C02
62	MONTEPAONE	7	887	C02 F02
63	MONTEPAONE	7	21	FABB RURALE
64	MONTEPAONE	7	12	NON ACCATASTATO
65	MONTEPAONE	4	400	C02
66	MONTEPAONE	4	221	FABB DIRUTO
67	MONTEPAONE	3	324	A04
68	MONTEPAONE	4	402	C02
69	MONTEPAONE	3	322	C02
70	MONTEPAONE	3	323	C02
71	MONTEPAONE	3	233	FABB DIRUTO
72	MONTEPAONE	3	227	FABB DIRUTO
73	MONTEPAONE	4	398	D08
74	MONTEPAONE	4	238	FABB RURALE

**Figura 4-8: Categoria catastale dei recettori all'interno dell'area a effetto flickering di media intensità**

Dalla tabella sopra riportata si evince che gli immobili classificati di cat. catastale da A/1 a A/10 risultano i ricettori **ID12, ID33, ID36, ID39, ID49, ID67**.

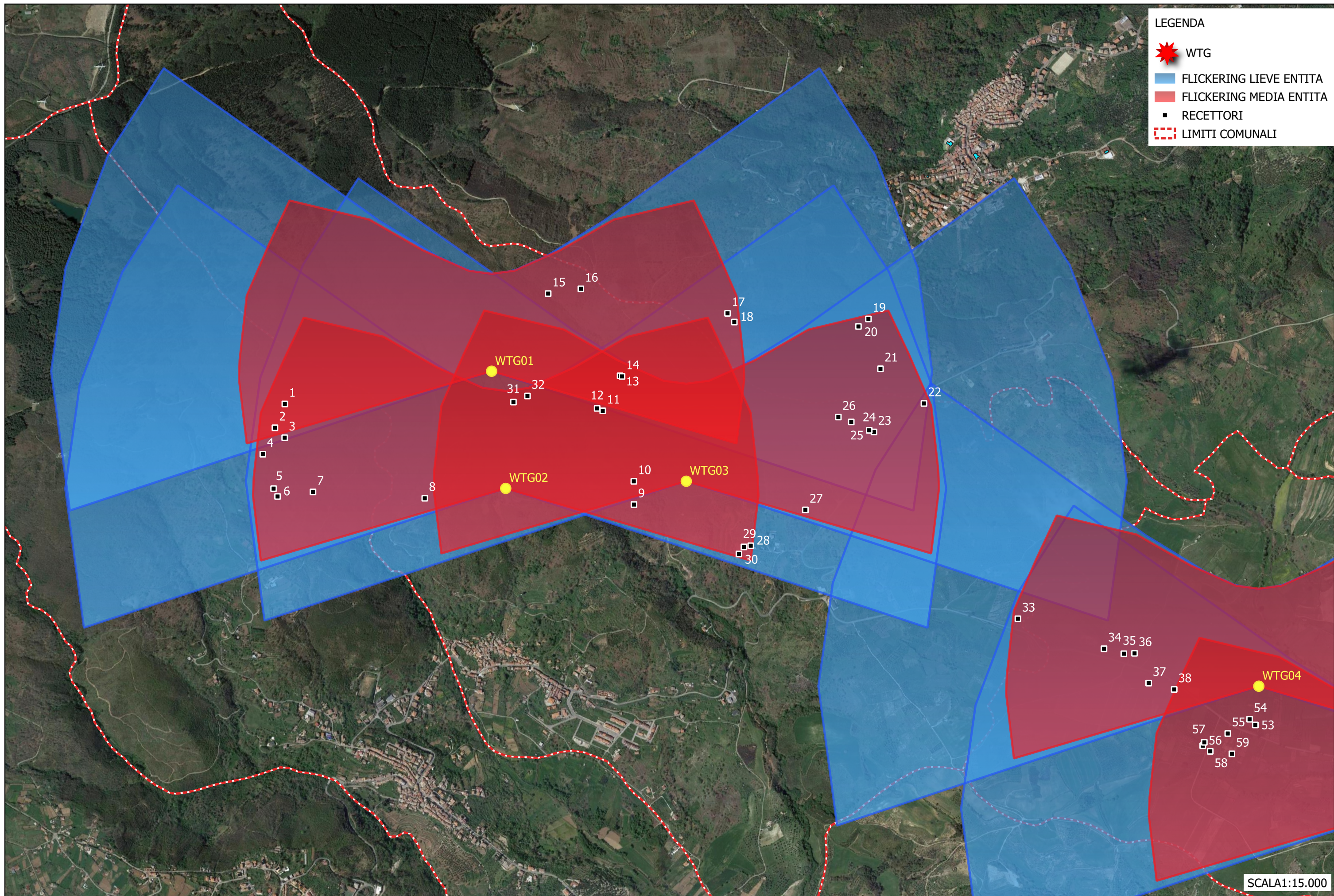
Tuttavia poiché le Misure di mitigazione previste dal D.M. 10 settembre 2010 prevedono la *"minima distanza di ciascun aerogeneratore da unità abitative munite di abitabilità, regolarmente censite e stabilmente abitate, non inferiore ai 200 m"* e che l'indagine effettuata consente di verificare esclusivamente la categoria catastale compatibile con la definizione di abitazione e non già

di stabilire se le unità abitative siano *munite di abitabilità, regolarmente censite e stabilmente abitate*, qualora tali ulteriori verifiche dovessero dare un esito positivo, si provvederà ad un'analisi più dettagliata.

Ad ogni modo, ad ulteriore garanzia delle condizioni di sicurezza desunte dalle analisi, si può considerare che:

- ❖ il recettore sensibile più prossimo ad una turbina, ovvero il recettore ID49 è ubicato ad una distanza di circa 445 m dalla WTG 05.
- ❖ le turbine eoliche non sono funzionanti per tutte le ore dell'anno;
- ❖ in molte ore all'anno, il sole è oscurato e non genera ombra diretta;
- ❖ molte delle ore di luce analizzate corrispondono a frazioni della giornata poco attive da parte delle attività antropiche (primissime ore mattutine).





**LEGENDA**

- ★ WTG
- FLICKERING LIEVE ENTITA
- FLICKERING MEDIA ENTITA
- RECETTORI
- LIMITI COMUNALI

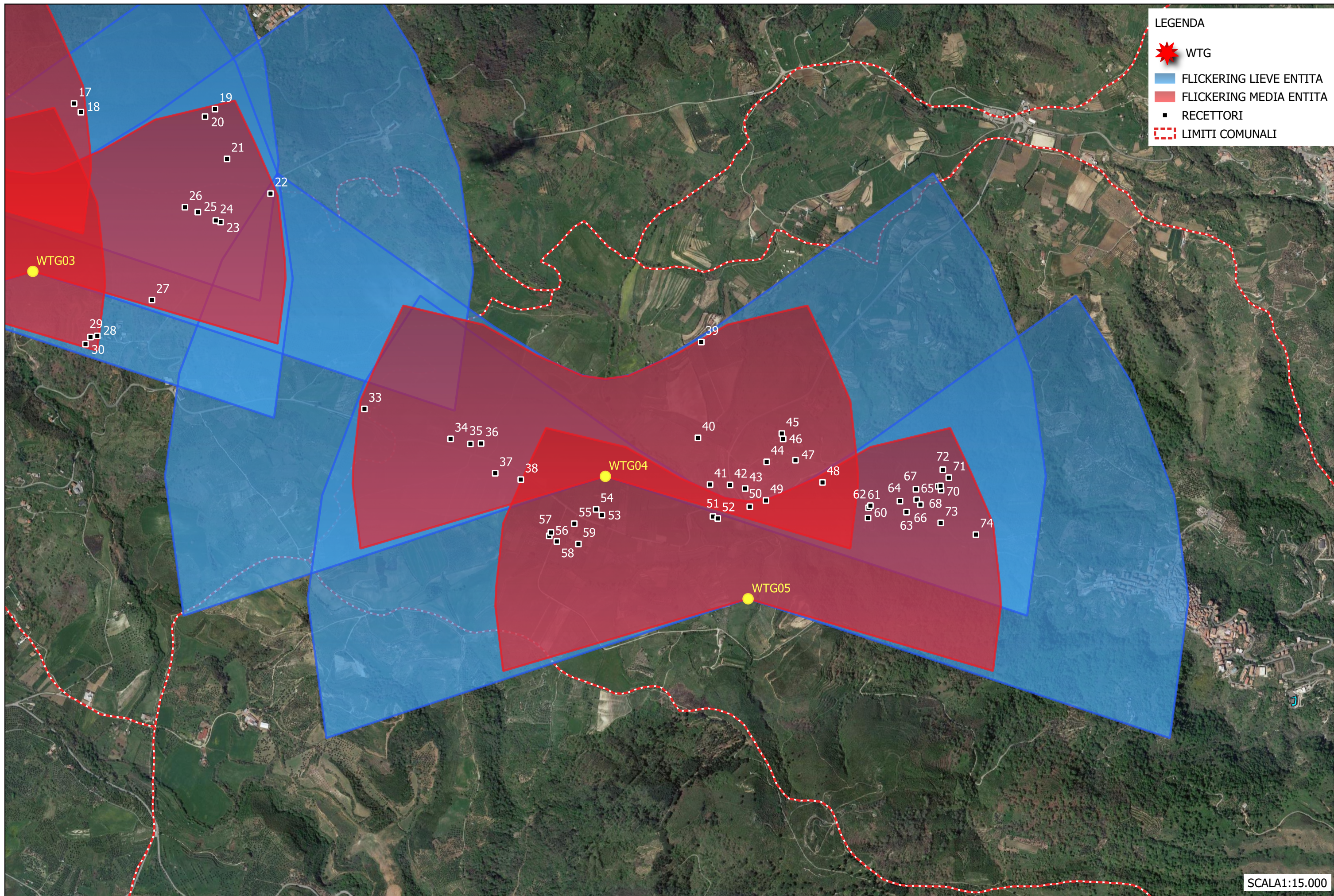
SCALA 1:15.000

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO COSTITUITO DA 5 AEROGENERATORI AVENTI UNA POTENZA COMPLESSIVA PARI A 33 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI CENTRACHE E MONTEPAONE (CZ)

**Allegati Grafici**  
**STUDIO DELL'EFFETTO FLICKERING**

**ALL.01**





PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO COSTITUITO DA 5 AEROGENERATORI AVENTI UNA POTENZA COMPLESSIVA PARI A 33 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI CENTRACHE E MONTEPAONE (CZ)

**Allegati Grafici**  
**STUDIO DELL'EFFETTO FLICKERING**

**ALL.02**