

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: FOGGIA

COMUNE: SAN SEVERO

ELABORATO:

4.2
6C

OGGETTO:

**PARCO EOLICO SAN SEVERO LA PENNA
composto da 14 WTG da 3,40MW/cad.**

PROGETTO DEFINITIVO

STUDIO EVOLUZIONE OMBRA (SHADOW FLICKERING)

PROPONENTE:

TOZZIgreen

TOZZI Green S.p.A.

Via Brigata Ebraica, 50
48123 Mezzano (RA) Italia
tozzi.re@legalmail.it

tel. +39 0544 525311
fax +39 0544 525319

PROGETTISTA:

ing. Massimo CANDEO

Ordine Ing. Bari n° 3755
Via Canello Rotto, 3
70125 Bari
m.candeo@pec.it

tel. +39 328 9569922
fax +39 080 2140950

Collaborazione:

ing. Gabriele CONVERSANO

Ord. Ing.ri Bari n° 8884

Note:

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
8.12.2017	0	Emissione	ingg. Massimo Candeo e Gabriele Conversano	ing. Massimo Candeo

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

SOMMARIO

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO 3

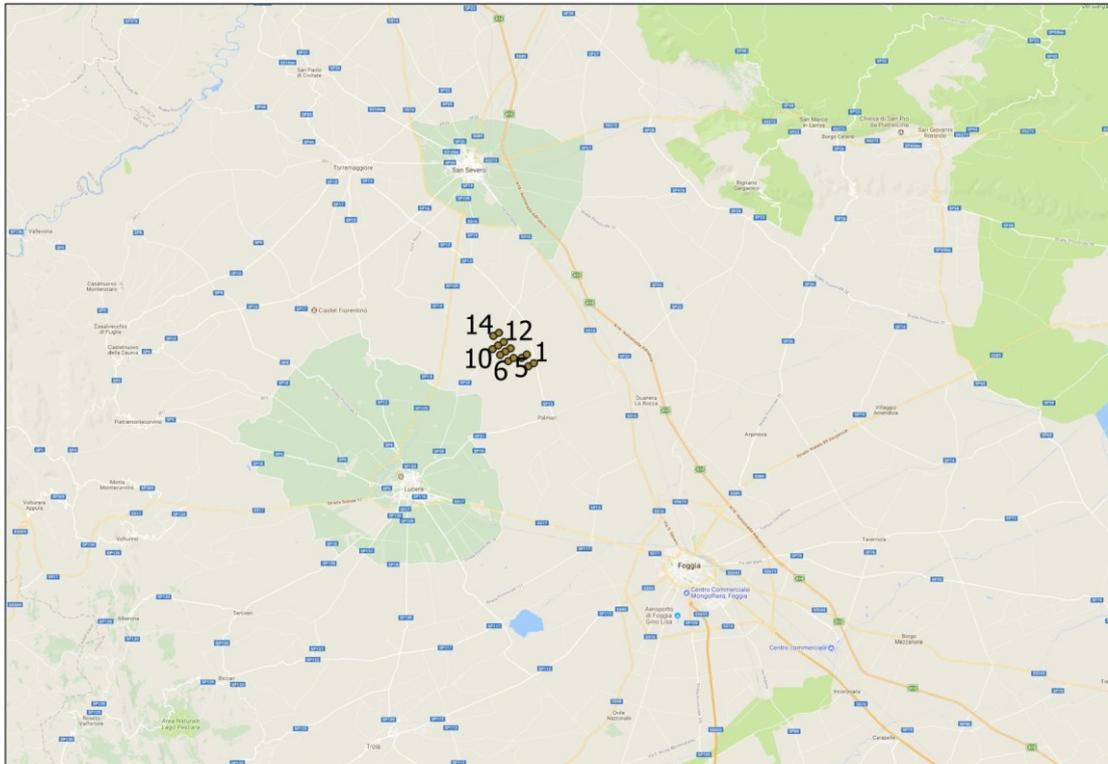
2 SHADOW FLICKERING..... 4

3 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO IN PROGETTO... 6

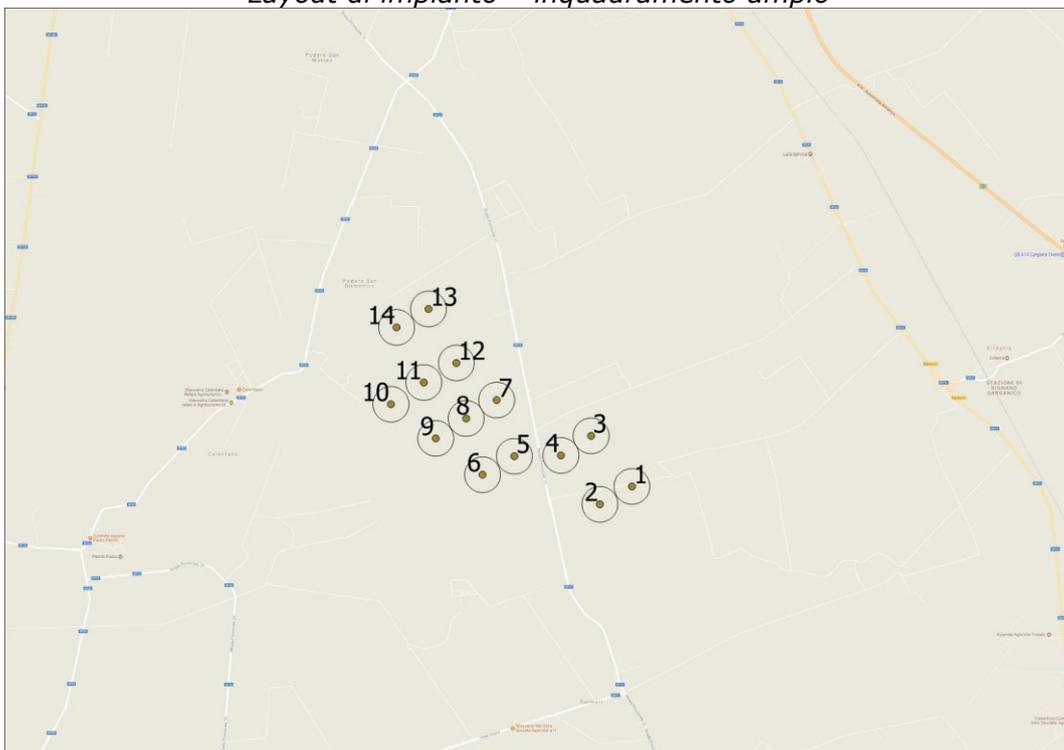
4 CONCLUSIONI..... 9

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presente proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione industriale di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, da realizzarsi all'interno dei limiti amministrativi del Comune di San Severo (FG)



Layout di impianto – inquadramento ampio



Layout di impianto – inquadramento di dettaglio

L'aerogeneratore impiegato nel presente progetto è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a 110mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 130m (lunghezza pala 62,5mt circa), per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di 175mt slt.

L'impianto eolico sarà costituito da 14 aerogeneratori, per una potenza elettrica complessiva pari a 47,6 MW.

Il Layout dell'impianto è schematicamente indicato nella precedente figura, ma meglio dettagliato nelle **Tavole di Progetto**.

La presente relazione riguarda lo **studio dell'evoluzione dell'ombra** per l'impianto eolico in questione.

2 SHADOW FLICKERING

Lo *shadow flickering* consiste in una variazione periodica dell'intensità luminosa osservata, causata dalla proiezione, su una superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Per un impianto eolico tale fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un recettore, dell'ombra prodotta dalle pale in rotazione degli aerogeneratori.

Dal punto di vista di un recettore, lo *shadow flickering* si manifesta in una variazione ciclica dell'intensità luminosa: in presenza di luce solare diretta, un recettore localizzato nella zona d'ombra indotta dal rotore, sarà investito da un continuo alternarsi di luce diretta ed ombra, causato dalla proiezione delle ombre dalle pale in movimento.

Tale fenomeno se vissuto dal recettore per periodi di tempo non trascurabile può generare un disturbo, quando:

- si sia in presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ossia in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- la linea recettore-aerogeneratore non incontri ostacoli: in presenza di vegetazione o edifici interposti l'ombra generata da quest'ultimi annulla il fenomeno. Pertanto, ad esempio, qualora il recettore sia un'abitazione, perché si generi lo *shadow flickering* le finestre dovrebbero essere orientate perpendicolarmente alla linea recettore-aerogeneratore e non affacciarsi su ostacoli (alberi, altri edifici, ecc.);
- la turbina sia orientata in modo che il rotore risulti perpendicolare alla linea sole-recettore: come mostrato nelle figure seguenti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-recettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "cerchio" che riferisce alla circonferenza del rotore inducendo uno *shadow flickering* non trascurabile; per situazioni in cui, dal punto di vista del recettore, il piano del rotore risulti essere in linea con il sole ed il recettore, l'ombra proiettata è sottile, di bassa intensità ed è caratterizzata da un rapido movimento, risultando pertanto lo *shadow flickering* di entità trascurabile.

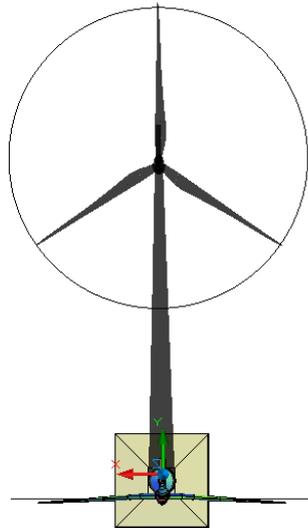


Fig. 2.1 – Proiezione dell’ombra indotta dall’aerogeneratore con rotore perpendicolare alla linea sole - recettore



Fig. 2.2 – Proiezione dell’ombra indotta dall’aerogeneratore con rotore in linea con il sole ed il recettore

- la posizione del sole sia tale da indurre una luminosità sufficiente. Ciò si traduce, in riferimento alla latitudine di progetto, in un’altezza del sole pari ad almeno 15-20°;
- le pale siano in movimento;
- turbina e recettore siano vicini: le ombre proiettate in prossimità dell’aerogeneratore risultano di maggiore intensità e nitidezza rispetto a quelle proiettate lontano. Quando una turbina è posizionata sufficientemente vicino al recettore, così che una porzione ampia di pala copra il sole (così come osservato dal punto di vista del recettore), l’intensità del flicker risulta maggiore. All’aumentare della distanza tra turbina e recettore, le pale coprono una porzione sempre più piccola del sole, inducendo un flicker di minore entità. Inoltre il fenomeno risulta di bassa entità quando l’ombra proiettata sul recettore è indotta dall’estremità delle pale (rotor tip); raggiunge il massimo dell’intensità in corrispondenza dell’attacco di pala all’hub.

Rilevamenti sul campo hanno evidenziato che per distanze tra aerogeneratore (di altezza paragonabile a quella delle macchine in progetto) e recettore superiori a 350m il fenomeno è da rilevarsi solo all’alba ed al tramonto, momenti in cui la radiazione diretta è di minore intensità.

Pertanto, in riferimento a quanto sin qui esposto, si può concludere che durata ed entità dello Shadow Flickering sono condizionate:

- dalla distanza tra aerogeneratore e recettore;
- dalla direzione ed intensità del vento;
- dall’orientamento del recettore;
- dalla presenza o meno di ostacoli lungo la linea di vista recettore – aerogeneratore – sole;
- dalle condizioni meteorologiche;
- dall’altezza del sole.

3 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO IN PROGETTO

Al fine di verificare la sussistenza del fenomeno dello *shadow flickering* indotto dalle opere in progetto sono state effettuate simulazioni in considerazione:

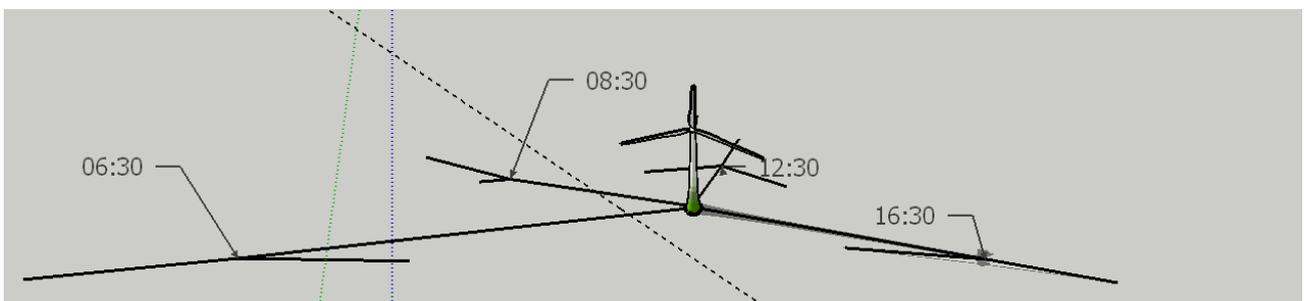
- del diagramma solare riferito alla latitudine di installazione dell'impianto;
- dell'altezza complessiva di macchina, intesa quale somma tra l'altezza del mozzo e la lunghezza di pala;
- dall'orientamento del rotore rispetto al recettore;
- della posizione del sole e quindi della proiezione dell'ombra rispetto ai recettori;
- dell'orografia;
- della posizione dei possibili recettori.

Le simulazioni effettuate sono state condotte in condizioni conservative, assumendo il cielo completamente sgombro da nubi, foschia, ecc. e nessun ostacolo interposto tra il recettore e la turbina eolica. E' stato quindi realizzato un modello 3D dell'aerogeneratore, avente le dimensioni caratteristiche degli aerogeneratori in progetto, che è stato posizionato in ambiente CAD nelle coordinate geografiche rappresentative del centro dell'impianto.

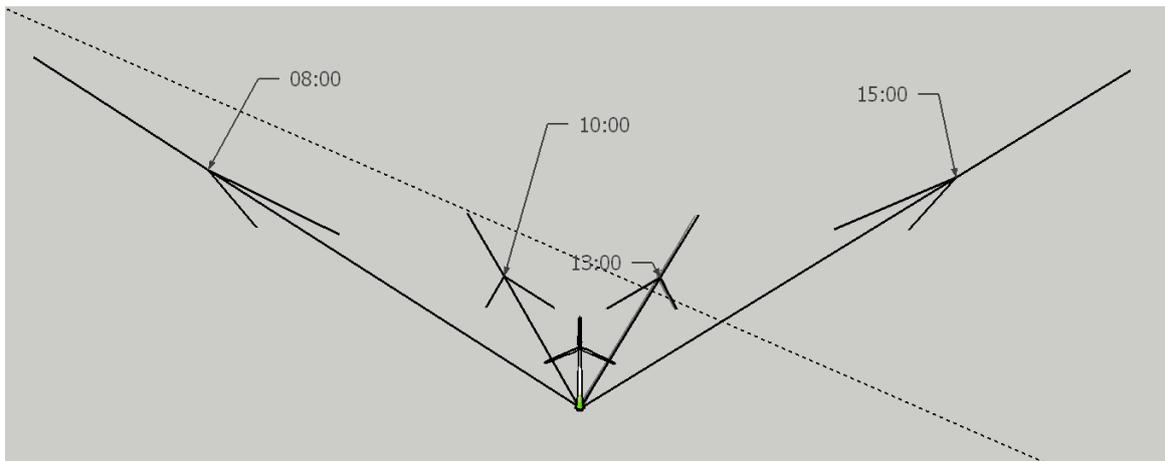
E' stato quindi possibile calcolare per il perielio invernale (4 gennaio, giorno in cui terra e sole sono alla minima distanza e le ombre sono più lunghe) e per il solstizio estivo (21 giugno) l'evoluzione dell'ombra dell'aerogeneratore. I risultati di questa simulazione sono riportati nelle immagini seguenti.

Le due condizioni sono state ritenute rappresentative perché:

- il fenomeno di flickering risulta tanto più rilevante quanto maggiore è l'intensità della luce del sole (21 giugno);
- dal punto di vista dell'individuazione dei possibili osservatori, la condizione più sfavorevole si ha nel periodo dell'anno, in determinate ore del giorno, in cui le ombre indotte dagli aerogeneratori risultano più lunghe (4 gennaio).



Evoluzione delle ombre relativa al 4 gennaio



Evoluzione delle ombre relativa al 21 giugno

Avendo calcolato geometricamente l'evoluzione delle ombre durante la giornata, è possibile identificare l'area in cui avviene il fenomeno dello shadow-flickering per ciascun aerogeneratore e sovrapporla alla CTR.

I risultati sono riportati nelle immagini alle pagine seguenti in cui sono mostrate, su ortofoto:

- le posizioni di installazione delle turbine;
- le proiezioni delle ombre nei giorni di gennaio e giugno.

Per chiarezza grafica sull'ortofoto sono stati evidenziati gli edifici presenti in zona

Dall'analisi delle immagini seguenti si può notare che:

- Nell'area interessata dallo shadow flickering delle WTG dalla n.1 alla n.9, e dalla n. 11 alla n. 14 non sono presenti edifici di alcuna natura;
- Sono presenti edifici esclusivamente nell'area interessata (solo in pochissime ore della giornata e solo in alcuni giorni dell'anno) dallo shadow flickering della WTG n. 10



Edifici interessati dallo shadow flickering della WTG n.10

Con riferimento allo shadow flickering della WTG n.10, come mostrato nell'ingrandimento precedente, si nota che un gruppo di edifici riconducibili ad una masseria sarà interessato dalle ombre solo nelle primissime ore del mattino.

La distanza di questi edifici è di oltre 500 metri, pertanto per quanto detto in premessa l'intensità del fenomeno sarà trascurabile.

Si tratta quindi di un fenomeno:

- limitato nello spazio;
- di breve durata nel corso della giornata;
- limitato come intensità, sia perché la luce del sole nelle prime ore del mattino è di intensità modesta (e quindi è modesta anche la variazione dovuta allo shadow flickering) che in virtù della elevata distanza tra gli aerogeneratori e gli edifici in questione;

E' escluso, in qualunque periodo dell'anno, lo shadow flickering in corrispondenza di alcun edificio nelle ore centrali della giornata, durante le quali l'intensità della radiazione solare è maggiore.

Come illustrato di seguito, peraltro, le normali recinzioni in siepe sono una misura di mitigazione più che sufficiente per eliminare completamente qualunque disturbo nella situazione di cui ci si occupa.

Difatti una siepe alta appena due metri ad una distanza di 5-6 metri da un osservatore è più che sufficiente per schermare un oggetto alto 175 metri (l'aerogeneratore) posto ad una distanza di 500 metri.

Pertanto, ove mai fosse accertato disturbo agli edifici, sarebbe semplice attuare delle misure di mitigazione consistenti nella installazione di siepi o vegetazione di altro tipo.

E' bene evidenziare inoltre che, in vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite in condizioni non reali, ipotizzando che si verificano contemporaneamente le situazioni più sfavorevoli per un recettore soggetto a shadow flickering (concomitanza di assenza di nuvole o nebbia, rotore frontale ai recettori, rotore in movimento continuo, assenza di ostacoli, luce diretta).

4 CONCLUSIONI

Dallo studio delle ombre proiettate dagli aerogeneratori si evince che:

- alcuni edifici saranno interessati dall'ombra dell'aerogeneratore n. 10, esclusivamente per un breve periodo della giornata ed in corrispondenza di ore nelle quali la radiazione solare diretta è di modesta entità.
- in virtù della elevata distanza tra ricettori disturbati e aerogeneratori, in caso di avvertito fastidio sarà sufficiente la piantumazione di barriere sempreverdi di modesta altezza per eliminare completamente il fenomeno dello shadow flickering.



Area di shadow flickering su ortofoto – WTG 1-2



Area di shadow flickering su ortofoto – WTG 3-4-5



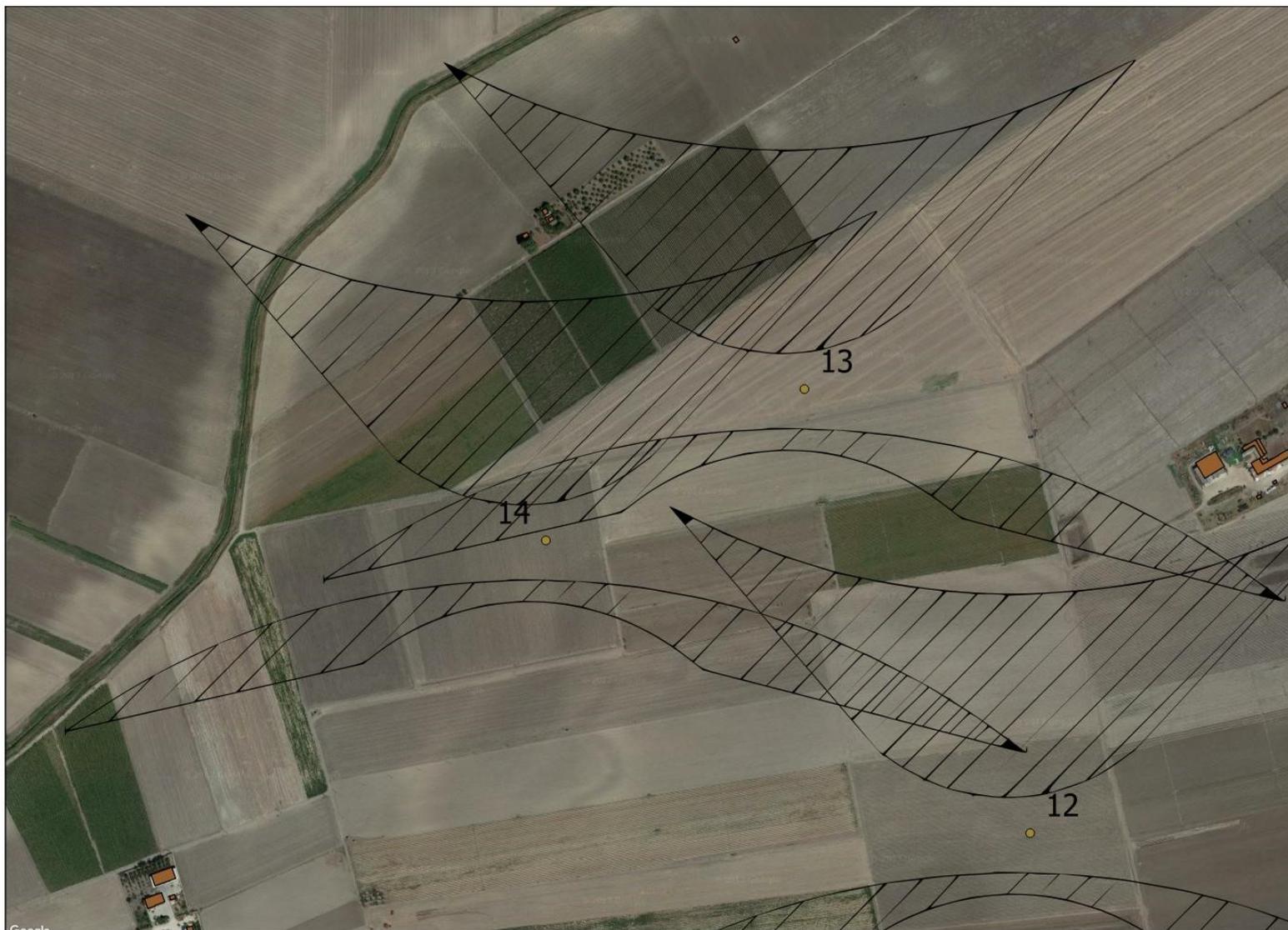
Area di shadow flickering su ortofoto – WTG 5-6



-Area di shadow flickering su ortofoto – WTG 7-8-9



Area di shadow flickering su ortofoto – WTG 10-11-12



Area di shadow flickering su ortofoto – WTG 13-14