

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: FOGGIA

COMUNE: BOVINO

ELABORATO:

ALL.2

OGGETTO:

**PARCO EOLICO
composto da 8 WTG da 4,2 MW/cad.**

**ELABORATO ALLEGATO ALLO STUDIO DI IMPATTO
AMBIENTALE**

STUDIO EVOLUZIONE OMBRA (SHADOW FLICKERING)

PROPONENTE:



RENVICO ITALY SRL

via San Gregorio N. 34

20124 Milano

PEC: renvicoitaly@legalmail.it

ING. ANDREA ALIBRANDO

Advantech s.r.l.

Via per Monteroni, Campus Ecotekne

C/O Edificio High Tech

Ord. Ing. Prov. Di Lecce n° 3876

IL TECNICO:



Andrea Alibrando



Collaborazione:

ing. Gabriele CONVERSANO

Ord. Ing.ri Bari n° 8884

Note:

| | | | | |
|-------------|------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 09/10/2017 | 0 | Emissione | Ing. G. Conversano | Ing. Andrea Alibrando |
| DATA | REV | DESCRIZIONE | ELABORATO da: | APPROVATO da: |

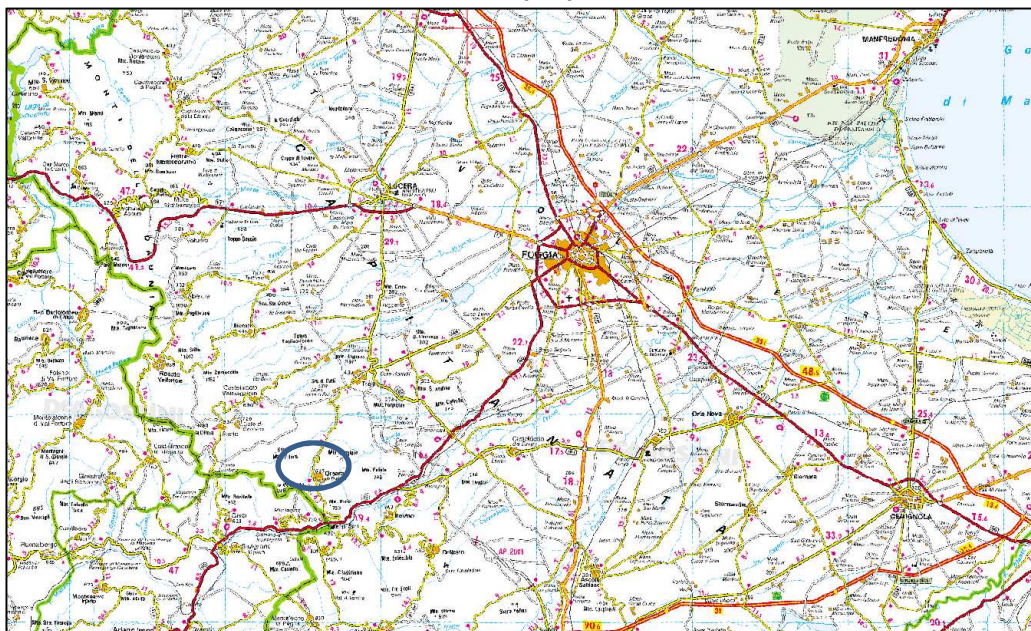
PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE,
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

SOMMARIO

| | | |
|---|---|---|
| 1 | DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO | 3 |
| 2 | SHADOW FLICKERING | 4 |
| 3 | ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO IN PROGETTO | 6 |

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 BOVINO (FG).



Inquadramento dell'area di progetto



Fig. 1.1 - Layout impianto su ortofoto (in viola le WTG, in rosso gli EDIFICI)

L'impianto eolico sarà costituito da 8 aerogeneratori, per una potenza elettrica complessiva pari a 33,6 MW. L'aerogeneratore impiegato nel presente progetto è il modello **Vestas V150 4.2MW**.

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 166 mt dal piano campagna, con annesso il rotore di diametro pari a 150m (lunghezza pala 75mt circa), per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pala di 241 mt slt.

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 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 della macchina, intesa quale somma tra l'altezza del mozzo e la lunghezza di pala;
- dall'orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- 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. La simulazione è stata eseguita mediante il simulatore contenuto nel software AUTOCAD della Autodesk che consente di calcolare l'estensione dell'ombra prodotta da un modello 3D quando siano stati impostate la posizione geografica, il giorno dell'anno e l'ora.

I risultati sono riportati nelle immagini alle pagine seguenti.

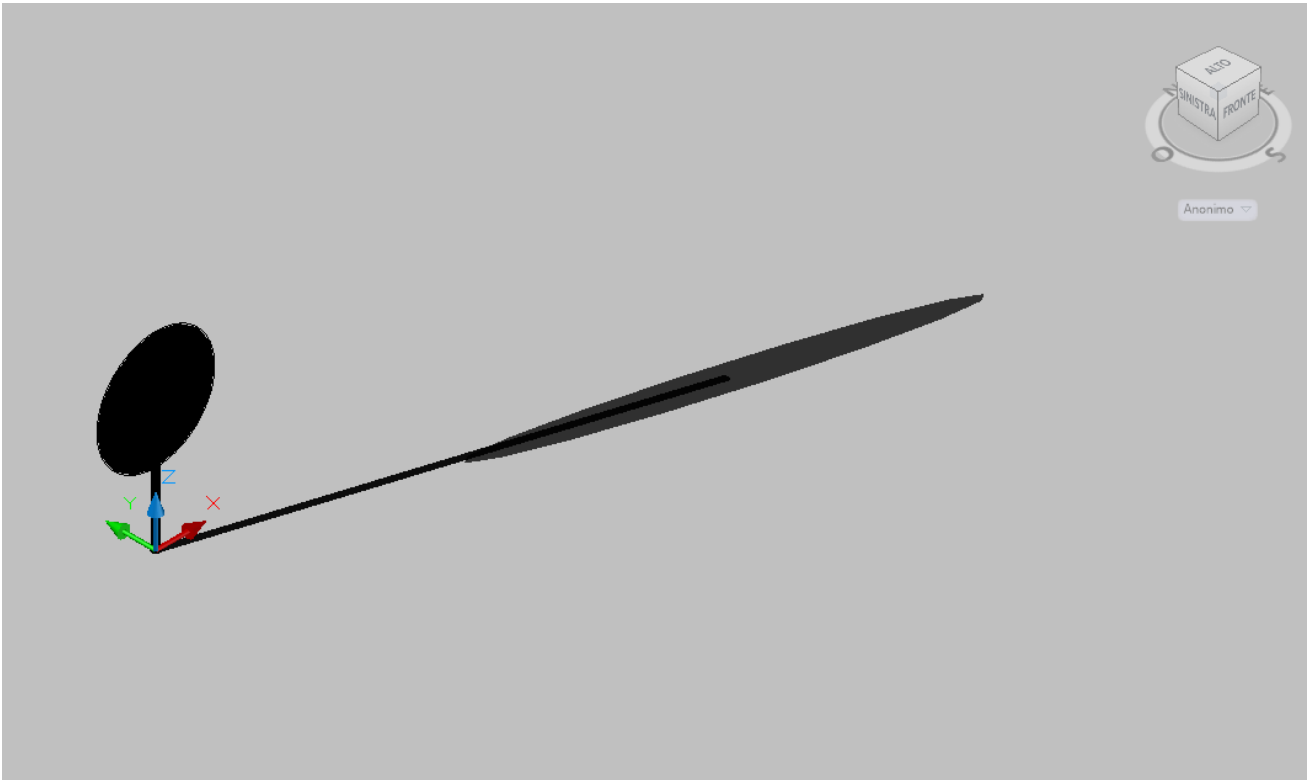
Le due condizioni sono state ritenute rappresentative perché:

- 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).

In particolare:

- il 4 gennaio il sole ha un'altezza maggiore di 20° sull'orizzonte nell'intervallo compreso tra le 9.30 e le 15.00.
- il 21 giugno il sole ha un'altezza maggiore di 20° sull'orizzonte nell'intervallo compreso tra le 6.45 e le 17.45.

E' quindi possibile calcolare in ambiente AUTOCAD, impostando la posizione geografica, l'evoluzione delle ombre per un dato giorno ed ora dell'anno.



Schematizzazione del modello utilizzato per lo studio delle ombre in ambiente CAD

Avendo calcolato geometricamente l'evoluzione delle ombre durante la giornata, per i giorni e per gli intervalli orari indicati, 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 in fondo alla presente relazione in cui:

- con tratto ROSSO sono indicate le aree di shadow flickering;
- con segnaposto rosso sono indicati gli edifici;
- con segnaposto blu sono indicate le posizioni delle WTG.

Dall'analisi delle immagini seguenti si può notare che:

- Per gli aerogeneratori da WTG1 a WTG5 e WTG 7 ed 8 non sono presenti, nelle aree di shadow flickering, edifici interessati;

- Per l'aerogeneratore WTG è presente un edificio nell'area di shadow flickering in periodo estivo (simulazione per il 21 giugno). Si tratta tuttavia di un deposito ad uso agricolo, mostrato nella foto seguente. Non si ravvisano quindi problemi in merito al fatto che sull'edificio si abbia un fenomeno di flickering.



Deposito nell'area di shadow flickering della WTG6

Per quanto attiene alla viabilità, si evidenzia dalle cartografie (ed in particolare dallo stralcio su orotofoto su cui sono stati evidenziate le strade provinciali) che gli unici tratti di viabilità che saranno interessati dal fenomeno dello shadow flickering sono:

- un breve tratto della SP111 (ad opera delle WTG da 5 a 8), ma esclusivamente durante i mesi estivi (rif.to simulazione per il 21 giugno);
- un breve tratto della SP112 (WTG3)

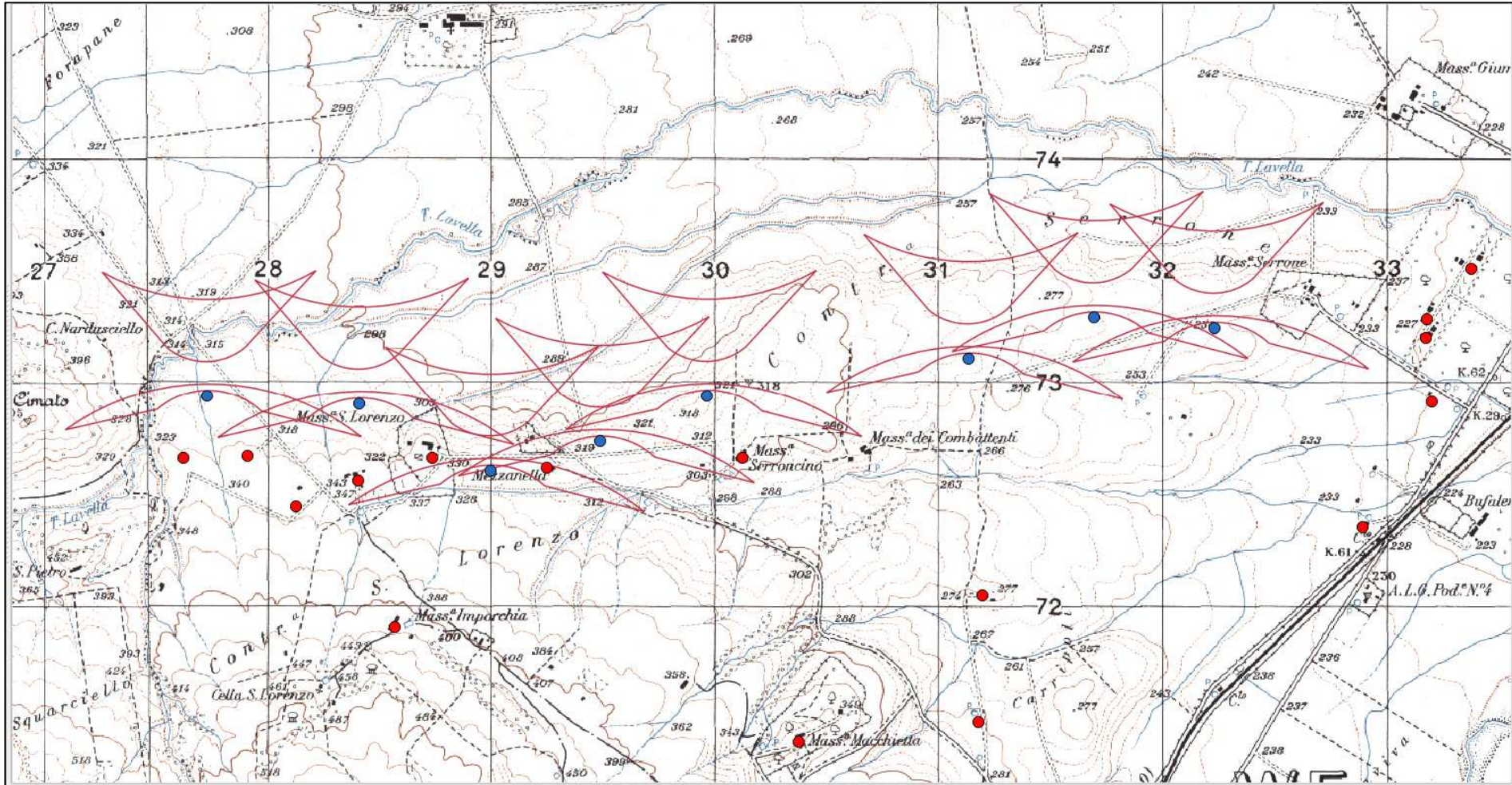
Si tratta di viabilità interessata da un traffico veicolare modesto, che sarà interessata dal fenomeno esclusivamente nelle ore mattutine e serali, in cui la radiazione solare è modesta e, soprattutto, la percentuale di radiazione solare diffusa è maggiore.

Il fatto che l'entità della radiazione solare nelle prime ore della giornata sia modesta, particolarmente in periodo invernale, consente inoltre di escludere degli effetti sostanziali causati dall'ombra dell'impianto eolico sulla ipotetica formazione di ghiaccio sul fondo stradale.

Non si ravvisano quindi particolari problemi legati all'evoluzione delle ombre ad opera dell'impianto in oggetto.



Area di shadow flickering su ORTOFOTO – 21 giugno e 4 gennaio



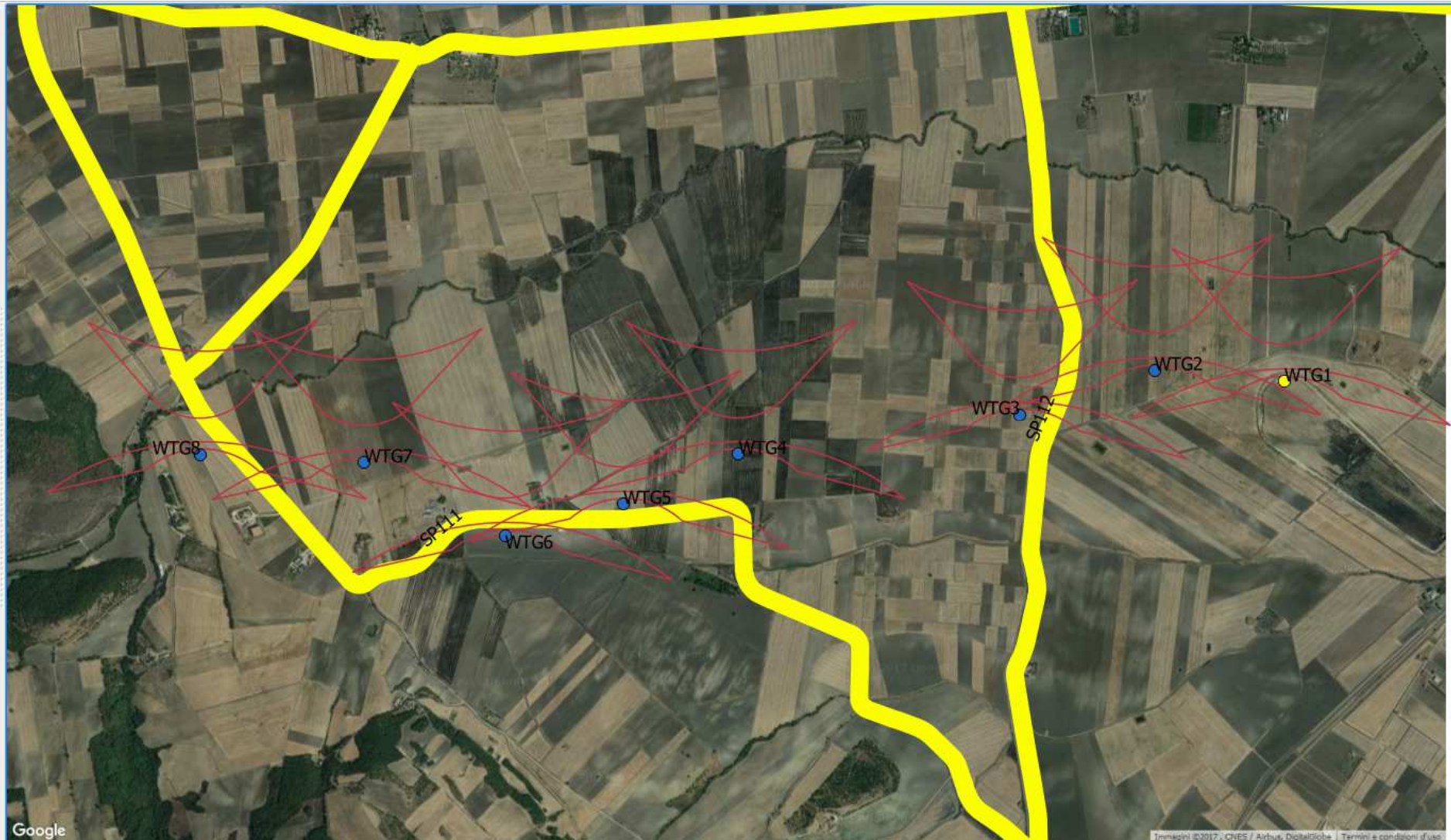
Area di shadow flickering su IGM – 21 giugno e 4 gennaio



Area di shadow flickering su ORTOFOTO – 21 giugno e 4 gennaio – Zoom su WTG 8,7,6



Area di shadow flickering su ORTOFOTO – 21 giugno e 4 gennaio – Zoom su WTG 6,5 e 4



Area di shadow flickering su ORTOFOTO – 21 giugno e 4 gennaio con evidenza delle strade provinciali