

PROPONENTE: **AME ENERGY S.r.l.**

Via Pietro Cossa, 5 20122 Milano (MI) - [ameenergysrl@legalmail.it](mailto:ameenergysrl@legalmail.it) - PIVA 12779110969

**REGIONE CAMPANIA**  
**PROVINCIA DI SALERNO**  
**COMUNI DI BUCCINO E SAN GREGORIO MAGNO**

Titolo del Progetto:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO UBICATO NEI COMUNI DI BUCCINO (SA) E SAN GREGORIO MAGNO (SA) IN LOCALITA' "SERRONE", CON POTENZA NOMINALE PARI A 36 MW

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**BUCEO-T010**

ID PROGETTO:	<b>251</b>	DISCIPLINA:	<b>PD</b>	TIPOLOGIA:	<b>R</b>	FORMATO:	<b>A4</b>
--------------	------------	-------------	-----------	------------	----------	----------	-----------

Elaborato:

STUDIO SUGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKER

FOGLI/O:	<b>10</b>	SCALA:	<b>-</b>	Nome file:	<b>BUCEO-T010.docx</b>
----------	-----------	--------	----------	------------	------------------------

Progettazione:

**IPROJECT S.R.L.**



Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti  
ad Energia Rinnovabile

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI)

P.IVA 11092870960-PEC: [i-project@legalmail.it](mailto:i-project@legalmail.it)

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA)

-mail: [a.manco@iprojectsrl.com](mailto:a.manco@iprojectsrl.com)

Cell: 3384117245

Progettista: Arch. Antonio Manco



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	09/10/2023	Prima emissione	Ing. Vincenzo Oliveto	Arch. Antonio Manco	Arch. Antonio Manco

---

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>3</b>
2.1	Il fenomeno dello Shadow Flicker .....	3
<b>3</b>	<b>INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>9</b>

---

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce una relazione tecnica sullo studio dell'evoluzione dell'ombra, noto come **Shadow Flicker**, redatta per l'impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica che la società AME ENERGY S.r.l. intende realizzare in agro nei Comuni di Buccino (SA) e San Gregorio Magno (SA), Regione Campania in località "Serrone".

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto eolico è ubicato in Campania nei Comuni di Buccino (SA) e San Gregorio Magno (SA).

La localizzazione e la strutturazione dell'impianto eolico è stata individuata attraverso un'analisi condotta sulla bontà del livello di ventosità e sulle caratteristiche antropiche e ambientali del territorio oggetto del progetto. Prioritario, già in fase di studio, è stato l'impegno per la massima attenzione al rispetto dei criteri di inserimento dell'impianto nel contesto paesaggistico, armonizzando l'installazione con la valorizzazione ambientale e sociale del territorio che lo ospiterà. La zona del parco è caratterizzata da morfologie montane e pedemontane. In particolare il parco sarà collocato sui crinali e su morfologie a bassa pendenza e stabili con altimetria media di circa 800 m s.l.m.

La posizione delle torri del parco eolico che sarà realizzato è di seguito individuata:

ID TORRE	COMUNE	RIFERIMENTI CATASTALI		COORDINATE GEOGRAFICHE (GAUSS-BOAGA)		ALTEZZA al mozzo [m]	AEROGENERATORE
		FOGLIO	PARTICELLA	EST	NORD		
1	SAN GREGORIO MAGNO	45	287	2553699	4499418	115	SG 6.0 Siemens Gamesa
2	SAN GREGORIO MAGNO	45	89	2554162	4499402	115	SG 6.0 Siemens Gamesa
3	BUCCINO	25	63	2554352	4498520	115	SG 6.0 Siemens Gamesa
4	SAN GREGORIO MAGNO	48	80	2555119	4498757	115	SG 6.0 Siemens Gamesa
5	SAN GREGORIO MAGNO	49	46	2556094	4498776	115	SG 6.0 Siemens Gamesa
6	BUCCINO	36	386	2555281	4497751	115	SG 6.0 Siemens Gamesa

### 2.1 IL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKER

Gli aerogeneratori, al pari di tutte le altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree circostanti in presenza di irraggiamento solare diretto. Lo **shadow flicker** (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impiegata per descrivere una fluttuazione periodica dell'intensità luminosa osservata. Tale effetto (stroboscopico) è causato dalla proiezione, su una generica superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Nel caso specifico di un impianto eolico il fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un ricettore (abitazione), dell'ombra prodotta dalle pale degli aerogeneratori in rotazione allorché il sole si trova alle loro spalle. Il fenomeno, dal punto di vista di un potenziale ricettore, si traduce in una variazione alternata e ciclica 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 dalla nebbia, sia quando, in

assenza di vento, le pale dell'aerogeneratore 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. I più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione di molto inferiore ai 35 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 1,75 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2,5 Hz riportata in letteratura. Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su) raramente superano la velocità di rotazione di 15 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

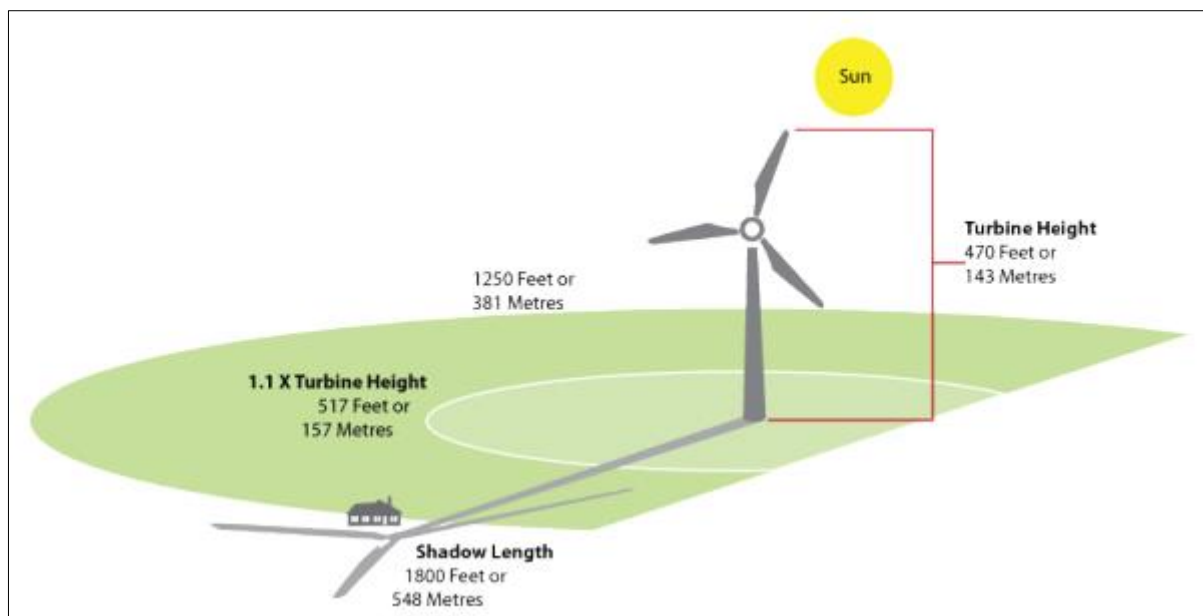


Figura 1: Rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flicker

Tale fenomeno, se sperimentato da un ricettore per periodi di tempo prolungati, può generare un disturbo, nelle seguenti condizioni:

- presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ovvero in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- assenza di ostacoli sulla congiungente ricettore - aerogeneratore: la presenza di vegetazione e/o edifici interposti all'ombra generata da questi ultimi annullerebbe il fenomeno. Quindi, condizione favorevole affinché il fenomeno in esame si verifichi, è quella rappresentata dall'orientamento perpendicolare delle finestre di un'abitazione rispetto alla linea congiungente il ricettore all'aerogeneratore in assenza di ostacoli fisici (alberi, altri edifici)

---

ecc...);

- orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole - ricettore: infatti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "disco" che induce un effetto non trascurabile di shadow flickering; viceversa, nel caso in cui il piano del rotore risulti essere in linea con il sole, l'ombra proiettata risulterebbe molto assottigliata e di bassa intensità per cui l'effetto di shadow flickering sarebbe del tutto trascurabile.

Inoltre, affinché lo shadow flickering, abbia un'intensità non trascurabile è necessario che:

- le pale del rotore siano ovviamente in rotazione;
- l'aerogeneratore ed il potenziale ricettore non siano troppo distanti: infatti, le ombre proiettate in prossimità dell'aerogeneratore risultano di maggiore intensità rispetto a quelle proiettate ad una distanza crescente. Tale condizione deriva dal fatto che in presenza di un ricettore molto prossimo all'aerogeneratore, una porzione ampia di pala copre il disco solare così come osservato dal punto di vista del ricettore stesso, e, quindi, l'intensità del flicker risulta maggiormente percepibile. All'aumentare della distanza tra aerogeneratore e ricettore, le pale, durante il loro moto di rotazione, andranno a coprire una porzione sempre più piccola del disco solare, inducendo un effetto di flicker di minore intensità.

Alla luce di quanto sopra esposto, le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore (abitazione), così come la direzione del vento risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di shadow flicker. Per distanze dell'ordine dei 400-500 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe e la radiazione diretta è di minore intensità per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro apparente del sole diventa molto piccolo. Quindi, come è facile immaginare, la condizione più penalizzante corrisponde al caso in cui il piano del rotore risulti ortogonale alla congiungente ricettore – sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di diametro pari a quello del rotore del generatore eolico.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre. In generale, l'area soggetta a shadow flicker

---

non si estende oltre i 500÷1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 500 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno; il flickering, se presente, non supera in genere i 30/40 minuti di durata potenziale nell'arco di una giornata. 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 definitiva, 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. La presente relazione ha lo scopo di stimare le aree potenzialmente interessate dal fenomeno in relazione agli aerogeneratori che costituiscono il parco eolico in oggetto.

Nello specifico, quando si valuta l'impatto da shadow flickering, lo stesso può essere realizzato attraverso l'analisi di due casi specifici:

- il **worst case**, in cui viene valutata la massima durata del fenomeno, ovvero quella astronomica, che corrisponde alle condizioni di cielo sempre sgombro da nubi, di rotore in movimento continuo e di perpendicolarità tra quest'ultimo ed il potenziale ricettore;
- il **real case**, in cui viene valutata la durata realistica del fenomeno, tenendo conto del soleggiamento effettivo dell'area e delle specifiche condizioni anemologiche che determinano la reale operabilità degli aerogeneratori

---

### 3 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI

Con la verifica dello shadow flickering o sfarfallio dell'ombra si calcola quanto spesso e in che intervallo di tempo un dato edificio a destinazione d'uso abitativa ricevono l'ombra generata da una o più WTG. L'ombreggiamento si verifica quando le pale di una turbina passano attraverso i raggi del sole visti da un punto specifico (es. una finestra di un insediamento vicino). Questi calcoli sono basati sullo scenario peggiore (ombra massima astronomica, ossia basata sulla posizione del sole rispetto alle WTG). Se il cielo è coperto o c'è calma di vento, o la direzione del vento è tale da porre il piano del rotore in posizione parallela rispetto alla linea sole-edificio, la WTG non produrrà ombra. Al momento solo la Germania possiede linee-guida dettagliate sui limiti e le condizioni per il calcolo dell'impatto dell'ombra. Queste si trovano in *"Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen"* (WEA-*Shattenwurf-Hinweise*).

Secondo le direttive tedesche, il limite di ombra è determinato da due fattori:

- l'angolo del sole sopra l'orizzonte deve essere almeno 3°;
- la pala della turbina eolica deve coprire almeno il 20% del sole;

Il massimo ombreggiamento su un vicino secondo tali linee-guida è:

- Massimo 30 ore all'anno di ombra massima astronomica (caso peggiore)
- Massimo 30 minuti al giorno di ombra massima astronomica (caso peggiore)

Se si usa una regolazione automatica, il reale impatto dell'ombra andrà limitato a 8 ore all'anno.

L'ora del giorno in cui l'impatto dell'ombra è critico e la definizione del recettore d'ombra sono regolati meno rigidamente dalle normative, e andranno spesso valutati caso per caso.

Ad esempio, una fabbrica o un edificio con uffici non verrebbero interessati se l'ombreggiamento avvenisse dopo l'orario di lavoro, mentre sarebbe più accettabile per abitazioni private subirlo durante lo stesso orario, quando la famiglia è comunque fuori.

Infine, l'effettiva quantità di ombra come frazione del rischio potenziale calcolato dipenderà fortemente dalla posizione geografica in questione. In zone con un'alta frequenza di cielo coperto il problema sarebbe ovviamente minore, e durante le potenziali ore di ombreggiamento in estate le WTG potrebbero spesso essere ferme per assenza di vento.

Anche le statistiche relative alle condizioni di vento ed al numero di ore con cielo sereno possono



---

essere prese in considerazione.

Come si può notare i paesi che hanno legiferato in materia sono quelle del nord Europa, dove la loro posizione geografica e le condizioni climatiche sono tali per affrontare la problematica e il potenziale impatto. In Italia trovandoci a una latitudine inferiore rispetto a Danimarca, Svezia, Germania, il fenomeno è meno impattante se non addirittura presente solamente per alcune ore dell'anno e per pochi minuti alle prime ore dell'alba e del tramonto. Da letteratura già a 300 m risulta essere trascurabile per le abitazioni, non considerando il ruolo di barriera assolto dagli ostacoli presenti anche nel territorio in questione, quali alberature e altri confini naturali che determinano la morfologia del territorio.

L'Italia non ha ad oggi legiferato in materia o redatto delle linee guida, probabilmente per i motivi sopra citati. Ma a sostegno di quanto sopra esposto, sia dalla letteratura disponibile che da linee guida disponibile per altri aspetti ambientali si vuole dare una definizione di **ricettore sensibile** che 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 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 la quale è individuabile una posizione significativa di immissione di disturbo.

Il ricettore è definito tale se un'immissione sia sonora, odorigena, elettromagnetica e quant'altro può potenzialmente recare un danno ad un individuo che dovrà permanere in quel luogo per almeno 4 ore giornaliere.

Tuttavia dall'analisi del fenomeno che si manifesta per poche ore durante l'anno alle prime ore dell'alba e al tramonto e l'impossibilità di permanere nei luoghi per almeno 4 ore si ritiene non applicabile il risultato dei potenziali effetti negativi dello shadow flickering al contesto in oggetto.

**Considerando quanto sopra detto ed individuando un'area di studio pari a 500 m per ogni torre, si è verificato che nell'area del progetto non sono presenti ricettori sensibili.**

---

## 4 CONCLUSIONI

La frequenza dello shadow flickering è correlata alla velocità di rotazione del rotore; le frequenze tipiche per le macchine considerate nel presente progetto sono dell'ordine di 0,55-0,75 Hz (corrispondenti a 11 - 15 rpm, circa un passaggio ogni 1,8-1,3 secondi). In termini di impatto sulla popolazione, tali frequenze sono innocue; basti pensare che le lampade stroboscopiche, largamente impiegate nelle discoteche, producono frequenze comprese tra 5 e 10 Hz.

L'individuazione dei recettori sensibili che potrebbero essere soggetti al fenomeno dello shadow flickering è riportata nella tavola grafica allegata alla presente relazione, dalla quale si evince che esistono nell'area solo due potenziali recettori. In base a quanto detto nei precedenti paragrafi precedenti tali strutture non risultano essere classificabili come recettori sensibili in quanto strutture adibite a deposito e quindi non stabilmente abitate.

In linea generale, l'effetto si può considerare trascurabile per via della scarsa durata del fenomeno che si riduce, nel caso realistico, a poche ore l'anno

Inoltre si rappresenta che si tratta di fenomeni:

- limitati nello spazio, in quanto relativi solo a tre edifici molto prossimi;
- episodici durante l'anno e localizzati all'alba o al tramonto;
- di breve durata nel corso della giornata, in quanto ciascun edificio è interessato solo per un breve periodo;
- limitati come intensità, dal momento che la luce del sole, in condizioni di alba o tramonto, risulta di intensità modesta e, quindi, è modesta anche la variazione dovuta allo shadow flickering

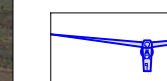
Va altresì sottolineato che la velocità di rotazione dell'aerogeneratore di progetto è dell'ordine di 11 rotazioni al minuto, quindi nettamente inferiore a 60 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;

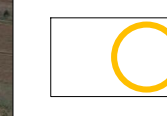
### **Allegati:**

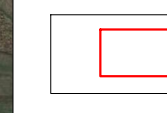
ALL. A: *"Studio sugli effetti di shadow flickering - Distanze di rispetto per effetto shadow flicker"*

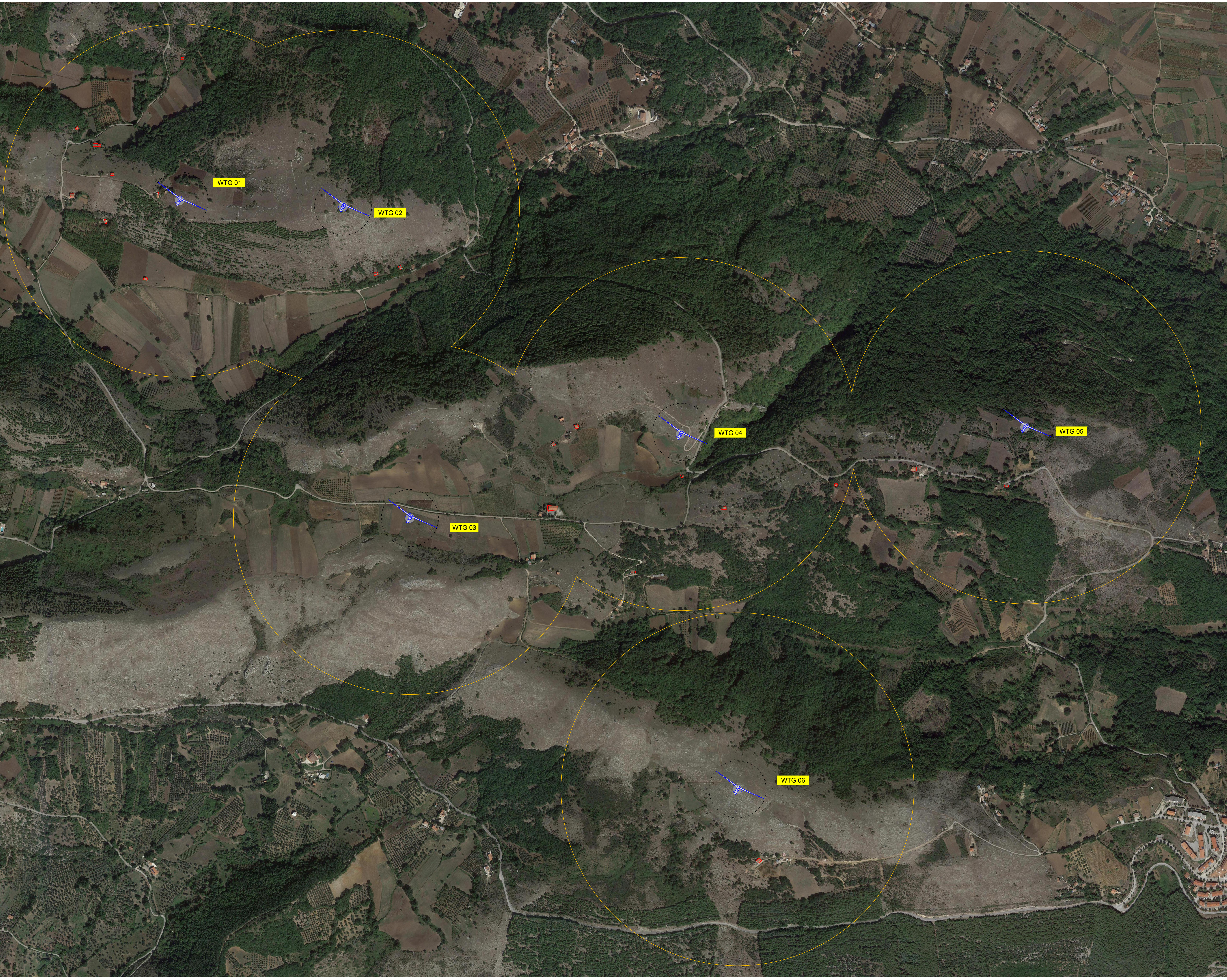
Legenda

Opere di progetto

 Aerogeneratore di progetto

 Buffer ricettori  
(In base alla letteratura di genere si prevede un'area di studio pari a 500 m, circa 3 volte il diametro del rotore per ogni torre. L'area di studio totale sarà data dall'inviluppo di tali buffer.)

 Strutture  
(Le strutture individuate sono catastalmente identificate come cat. C2 "Magazzini e locali deposito", pertanto non possono essere considerate ricettori sensibili in quanto non stabilmente abitate)



PROPONENTE **AME ENERGY S.r.l.**  
Via Pietro Cossa, 5 20122 Milano (MI) - amenergy@legalmail.it - PIVA 12779110969

**REGIONE CAMPANIA**  
PROVINCIA DI SALERNO  
**COMUNI DI BUCCINO E SAN GREGORIO MAGNO**

*Titolo del Progetto:*  
**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO UBICATO NEI COMUNI DI BUCCINO (SA) E SAN GREGORIO MAGNO (SA) IN LOCALITA' "SERRRONE", CON POTENZA NOMINALE PARI A 36 MW**

Documento: **PROGETTO DEFINITIVO** N° Documento: **ALL\_A**

ID PROGETTO:	251	DISCIPLINA:	PD	TIPOLOGIA:	D	FORMATO:	A0
--------------	-----	-------------	----	------------	---	----------	----

Elaborato:  
STUDIO SUGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKER  
DISTANZE DI RISPETTO PER EFFETTO SHADOW FLICKER

FOGLIO:	1	SCALA:	1:4000	Nome file:	ALL_A.dwg
---------	---	--------	--------	------------	-----------

Progettazione: **IPROJECT S.R.L.** Progettista: Arch. Antonio Manco  
  
Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti ad Energia Rinnovabile  
Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI)  
P. IVA 11020270965-PEC: i.project@legalmail.it  
Sede Operativa Via Brogna n° 17 - 84024 Albanella (SA)  
mail: a.manco@iproject.com  
Tel: 338411255



Rev.	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	09/10/2023	Prima emissione	Ing. Vincenzo Oliveto	Arch. Antonio Manco	Arch. Antonio Manco