

## Studio di Impatto Ambientale

# ENI PROGETTO EOLICO ITALIA IMPIANTO DI PORTO TORRES (34 MW<sub>p</sub>)

## Comune di Porto Torres (SS)

### Allegato 9

### Shadow Flickering



Questo documento rappresenta la relazione tecnica sullo studio dell'evoluzione dell'ombra inerente la proposta di Impianto Eolico, di potenza pari a 34 MW nel sito eni Rewind di Porto Torres (SS).

20/12/2019	00	Emissione finale	Lorenzo Bertolè   Paola Bertolini  	GdL ENE/PROG ENE/PERM	Resp. ENE/PROG Alessandro Bartolomei  Resp. ENE/PERM Claudia Monfredini 
Data	Revisione	Descrizione Revisione	Preparato	Controllato	Approvato

**INDICE**

<b>1</b>	<b><i>INTRODUZIONE</i></b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b><i>FENOMENO SHADOW FLICKERING</i></b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b><i>POTENZIALI EFFETTI CORRELATI ALLO SHADOW FLICKERING</i></b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b><i>STANDARD E LINEE GUIDA</i></b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b><i>STANDARDS NAZIONALI</i></b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b><i>STANDARD INTERNAZIONALI</i></b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b><i>PANORAMICA DI PROGETTO</i></b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b><i>LAYOUT DI PROGETTO</i></b>	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b><i>PRESENZA DI RECETTORI SENSIBILI</i></b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b><i>METODOLOGIA DI CALCOLO</i></b>	<b>20</b>
<b>5.1</b>	<b><i>SCENARIO PEGGIORE (WORST CASE)</i></b>	<b>20</b>
<b>5.2</b>	<b><i>SCENARIO REALE (REAL CASE BY STATISTICS)</i></b>	<b>21</b>
<b>5.3</b>	<b><i>SINTESI DEI CRITERI/PARAMETRI DEL MODELLO</i></b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b><i>RISULTATI DEL MODELLO</i></b>	<b>24</b>
<b>6.1</b>	<b><i>SCENARIO PEGGIORE (WORST CASE)</i></b>	<b>24</b>
<b>6.2</b>	<b><i>SCENARIO REALE (REAL CASE BY STATISTICS)</i></b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b><i>CONCLUSIONI</i></b>	<b>33</b>
<b>8</b>	<b><i>REFERENZE BIBLIOGRAFICHE</i></b>	<b>39</b>

## ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 2.1	SCHEMATIZZAZIONE DELL'EFFETTO DI SHADOW FLICKERING .....	6
FIGURA 4.2	LAYOUT DI SITO .....	12
FIGURA 4.3	IMPIANTI ESISTENTI E APPROVATI NELL'AREA .....	14
FIGURA 4.4	RECETTORI .....	15
FIGURA 4.5	RECETTORE AA .....	17
FIGURA 4.6	RECETTORE B .....	17
FIGURA 4.7	RECETTORE E .....	18
FIGURA 4.8	RECETTORE F .....	18
FIGURA 4.9	RECETTORE W .....	19
FIGURA 4.10	RECETTORE Z .....	19
FIGURA 6.11	SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO .....	24
FIGURA 6.12	SHADOW FLICKER (MINUTI/GIORNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO .....	25
FIGURA 6.13	SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – TUTTI GLI AEROGENERATORI .....	27
FIGURA 6.14	SHADOW FLICKER (MINUTI/GIORNO) – TUTTI GLI AEROGENERATORI .....	28
FIGURA 6.15	SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO - SCENARIO REALE OPZIONE A .....	30
FIGURA 6.16	SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – TUTTI GLI AEROGENERATORI – SCENARIO REALE OPZIONE B .....	31
FIGURA 6.1	POSSIBILE PRESENZA ALBERATURE RECETTORE AC .....	34
FIGURA 6.2	PRESENZA ALBERATURE RECETTORE AD .....	35
FIGURA 6.3	PRESENZA PORTICO E TENDE (RECETTORE Z) .....	35
FIGURA 6.4	PRESENZA ALBERATURE RECETTORE R .....	36
FIGURA 6.5	PRESENZA ALBERATURE RECETTORE W .....	36

## ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1.1	ALCUNI STANDARD NAZIONALI IN EUROPA .....	9
TABELLA 1.2	COORDINATE AEROGENERATORI .....	12
TABELLA 1.3	SPECIFICA CARATTERISTICHE AEROGENERATORI .....	13
TABELLA 1.4	RECETTORI .....	16
TABELLA 1.5	ORE MEDIE SOLE – CENTRALINA METEO DI ALGHERO (BANCA DATI WINDPRO 3.2) .....	22
TABELLA 1.6	DATI DEL VENTO DERIVATI DALLE CAMPAGNE DI MISURAZIONE IN SITO (CAMPAGNA LIDAR 2017-2018, RIINA) .....	22
TABELLA 1.7	SETTAGGI INPUT MODELLO .....	23
TABELLA 1.8	RISULTATI SHADOW FLICKER – AEROGENERATORI IN PROGETTO .....	25
TABELLA 1.9	RISULTATI SHADOW FLICKER – TUTTI GLI AEROGENERATORI .....	29
TABELLA 1.10	RISULTATI SHADOW FLICKER .....	32

## ***ALLEGATI***

ALLEGATO 1 WORST CASE AEROGENERATORI DI PROGETTO

ALLEGATO 2 WORST CASE AEROGENERATORI DI PROGETTO, ESISTENTI ED AUTORIZZATI

ALLEGATO 3 REAL CASE AEROGENERATORI DI PROGETTO

ALLEGATO 4 REAL CASE AEROGENERATORI DI PROGETTO, ESISTENTI ED AUTORIZZATI

## 1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato costituisce la relazione tecnica sullo studio dell'evoluzione dell'ombra (shadow flicker, di seguito Shadow), redatta per l'impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica costituito da 6 aerogeneratori di potenza complessiva di 34 MW, localizzato nel Comune di Porto Torres, all'interno dell'area del Sito di Interesse Nazionale come mostrato in Figura 4.2.

Lo Shadow-Flickering è l'espressione comunemente impiegata in ambito specialistico per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici quando sussistono le condizioni meteorologiche opportune; infatti la possibilità e la durata di tali effetti dipendono da una serie di condizioni ambientali, tra cui: la posizione del sole, l'ora del giorno, il giorno dell'anno, le condizioni atmosferiche ambientali e la posizione della turbina eolica rispetto ad un recettore sensibile.

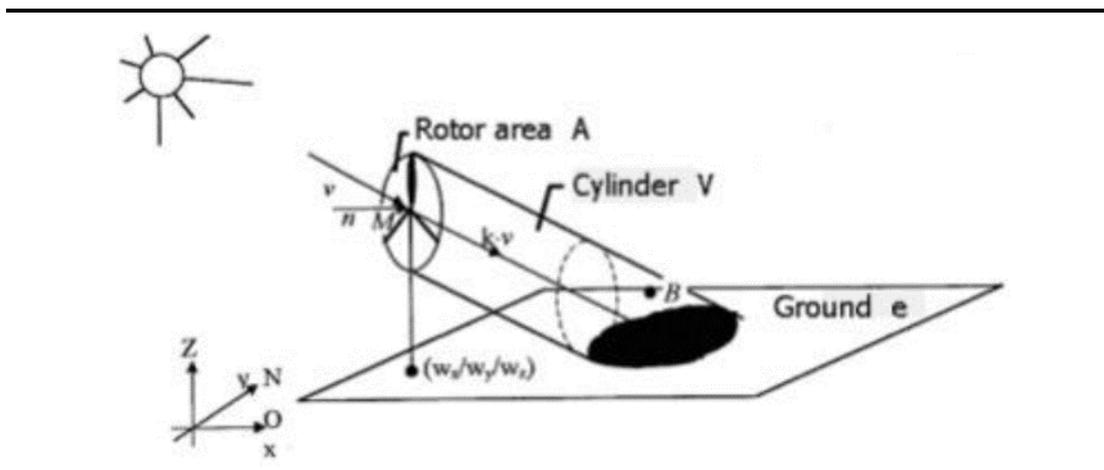
Per la valutazione del fenomeno dello shadow all'interno del presente studio è stato utilizzato un pacchetto software riconosciuto a livello internazionale, WindPro<sup>®</sup>, per modellare l'insorgenza dello Shadow Flickering e il potenziale impatto sulle abitazioni/recettori sensibili in prossimità del parco eolico proposto.

## 2 FENOMENO SHADOW FLICKERING

Il fenomeno detto Shadow Flickering consiste in una variazione periodica dell'intensità luminosa osservata, causata dalla proiezione su una superficie dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Il fenomeno si verifica quando una combinazione particolare di circostanze viene a coincidere in posizioni specifiche e in tempi particolari di un giorno e di un anno.

Con particolare riferimento alle turbine eoliche, lo sfarfallio avviene quando il Sole è basso nel cielo e illumina la struttura venendosi a trovare dietro il rotore della turbina. Ciò può indurre la proiezione dell'ombra delle pale su una struttura in un fenomeno d'intermittenza, sembrando così di passare rapidamente dall'ombreggiamento alle condizioni naturali di illuminazione mentre la turbina gira. In presenza di luce solare diretta, un recettore localizzato nella zona d'ombra indotta dal rotore, sarà investito da un continuo alternarsi di luce ed ombra, causato dalla rotazione delle pale (Figura 2.1).

**Figura 2.1 Schematizzazione dell'effetto di Shadow Flickering**



Quando un'ombra intermittente che passa rapidamente è osservata da un'apertura stretta (una finestra, un lucernaio, ecc.), questa è definita come Flickering.

Per esempio, nel caso in cui un individuo sia all'interno di un edificio, esso può percepire l'intermittenza dell'ombra come una riduzione momentanea dell'intensità della luce naturale, e se tali alterazioni dell'intensità luminosa sono rilevanti, l'intermittenza dell'ombra può indurre un disturbo percettivo. Per quanto concerne la distanza fra una turbina eolica e un ricettore potenziale, le ombre proiettate nelle vicinanze da una turbina eolica saranno più intense e definite, in quanto una maggiore porzione del disco solare è ostruita in maniera intermittente dalla presenza della pala.

Tale variazione alternata di intensità luminosa, nel tempo, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso.

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

- si sia in presenza 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;
- l'aerogeneratore sia orientato in modo che il rotore risulti perpendicolare alla linea sole-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;
- aerogeneratore e recettore siano vicini: all'aumentare della distanza tra aerogeneratore e recettore, le pale coprono una porzione sempre più piccola del sole, inducendo un flicker di minore entità.

Pertanto, in riferimento a quanto sin qui esposto, durata ed entità dello Shadow flickering sono determinate e condizionate:

- dalla distanza tra aerogeneratore e recettore;
- da altezza dell'hub e diametro rotore della turbina;
- dal periodo e durata dell'esercizio della turbina e la proporzione di ore diurne durante le quali le turbine sono in funzione;
- dalla direzione ed intensità del vento, che influenza la direzione di orientamento del rotore;
- dall'orientamento del recettore;
- dalla topografia dell'area di interesse;
- da dimensione e posizione di una zona di osservazione, quali una finestra o un patio;
- dalla presenza o meno di ostacoli lungo la linea di vista recettore-aerogeneratore-sole;
- dalle condizioni meteorologiche, con particolare riferimento alla frequenza delle giornate con cielo sereno e poco nuvoloso (specialmente alle basse latitudini);
- dall'altezza del sole (periodo dell'anno).

## 2.1 POTENZIALI EFFETTI CORRELATI ALLO SHADOW FLICKERING

L'associazione tra lo shadow flickering causato dagli aerogeneratori e gli effetti sulla salute umana è fortemente dibattuta. Alcuni studi suggeriscono che lo shadow flickering degli aerogeneratori presenti un potenziale rischio di indurre convulsioni fotosensibili (Harding et al, 2008; Smedley et al., 2010).

Tuttavia, nel 2011, il Dipartimento per l'energia e i cambiamenti climatici del Regno Unito ha concluso (Update Shadow Flicker Evidence Base) che, per quanto concerne gli effetti sulla salute e il fastidio derivante dall'effetto dello shadow flickering, la frequenza dell'intermittenza causata dalla rotazione dell'aerogeneratore è tale da non causare un rischio significativo per la salute<sup>1</sup>. Le moderne turbine eoliche sono tipicamente delle macchine tripala che ruotano a rapporti compresi tra i 12 e i 24 giri al minuto (RPM); se, per esempio, la luce solare

(1) "On health effects and nuisance of the shadow flicker effect, it is considered that the frequency of the flickering caused by the wind turbine rotation is such that it should not cause a significant risk to health", Update of UK Shadow Flicker evidence base, Department of Energy & Climate Change, 2011

attraversa il rotore di una turbina eolica tripala che gira a 12 giri/min., la luce tremolerà ad un rapporto di  $3 \times 12 = 36$  ombre al minuto, cioè  $< 1$  al secondo, o  $< 1$  Hertz (Hz).

Le frequenze che producono disturbo alla percezione umana sono quelle superiori ai 2,5 Hz, ma solitamente l'effetto massimo di frequenza delle turbine è inferiore ad 1 Hz, ossia ben al di sotto del valore considerato come possibile causa di fastidio. Nonostante tali conclusioni, altri rapporti affermano che, sebbene sia improbabile che lo shadow flickering comporti un rischio di epilessia fotoindotta, sono ancora presenti potenziali disturbi in grado di indurre stress (Cope et al., 2009; Dipartimento del Minnesota di Salute, 2009; Consiglio Nazionale delle Ricerche, 2007).

Nelle recenti "Linee guida per la valutazione della compatibilità ambientale – paesaggistica Impianti di produzione ad energia eolica" pubblicate da ARPA Puglia e risalenti a Maggio 2013, in merito ai rischi sulla Salute pubblica connessi alla realizzazione degli impianti eolici, si rammenta che i principali studi epidemiologici condotti con metodo scientifico non confermano l'esistenza di un vero e proprio rischio sanitario delle popolazioni esposte allo Shadow Flicker. Sono riconosciuti effetti quali disturbi del sonno e generici fastidi per esposizioni a rumori a bassa frequenza, soprattutto negli ambienti rurali e poco antropizzati, ma sembrerebbero legati a fenomeni di percezione del rischio in aree che, in assenza delle pale stesse, sarebbero caratterizzate da prevalente quiete acustica o comunque da bassa intensità di rumore di mascheramento.

Nel gennaio 2012 i Dipartimenti di Protezione Ambientale e di Sanità Pubblica del Massachusetts hanno effettuato una review sistematica degli studi scientifici disponibili dando la priorità agli studi epidemiologici sugli esseri umani. Sebbene molti studi abbiano riscontrato la presenza di una prevalenza di disturbi aspecifici nelle popolazioni residenti in prossimità di aerogeneratori, non sussistono prove epidemiologiche conclusive per escludere che essi siano legati alla percezione del rischio, ovvero alla consapevolezza della presenza degli impianti ritenuti "disturbanti" o genericamente fastidiosi. Il panel conclude per la mancanza di associazione con disturbi mentali e stress psicologico e con disturbi neurovegetativi.

Studi condotti sui possibili effetti dello shadow flickering sulla salute umana raccomandano, al fine di ridurre al minimo i fastidi, una velocità di flickering non superiore a 3 tagli al secondo. Poiché si tratta di aerogeneratori tripala, tale frequenza si traduce in una velocità massima di rotazione del rotore di 60 rpm (rotazioni per minuto).

**L'aerogeneratore selezionato ha una velocità di rotazione massima di 12,1 rpm che corrisponde ad una velocità massima di flickering di 0,6 tagli al secondo, nettamente inferiore alla frequenza massima raccomandata.**

### 3 STANDARD E LINEE GUIDA

La seguente sezione presenta gli standard e le linee guida applicabili rilevanti per la valutazione dello shadow flickering derivanti dall'esercizio di impianti eolici.

A livello globale, lo stato della legislazione relativa al fenomeno dello Shadow Flickering non è omogeneo. In diversi paesi, lo shadow flickering non rientra in regolamenti specifici, ma spesso la valutazione dei potenziali impatti è definita esclusivamente da standard di riferimento e linee guida. Solo pochi paesi prevedono normative specifiche che tuttavia analizzano il fenomeno solo con riferimento ai periodi in cui chi dimora nelle abitazioni, localizzate nei pressi degli aerogeneratori, è sveglio, le finestre non sono oscurate (tende, infissi, ecc.) e una o più turbine eoliche sono in vista.

Di seguito si presentano i principali riferimenti internazionali ad oggi esistenti per analizzare il fenomeno del flickering.

#### 3.1 STANDARDS NAZIONALI

A livello globale, diversi paesi hanno definito linee guida nazionali per valutare i potenziali impatti derivanti dallo shadow flickering. Poiché tale fenomeno è influenzato in modo rilevante dall'angolo del sole all'orizzonte, è considerato più rilevante alle latitudini più elevate.

Va notato che la maggior parte di questi paesi ha basato i propri regolamenti sulla linea guida tedesca "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)" (Linea guida per l'identificazione e la valutazione delle emissioni ottiche delle turbine eoliche). Tale riferimento indica un valore limite di 30 ore all'anno e 30 minuti al giorno per l'ombra astronomica massima possibile nel caso in cui si analizzi lo scenario peggiore (Worst Case), mentre tale valore limite di riferimento si riduce a 8 ore annue nel caso in cui venga analizzato lo scenario reale (Real Case). Si faccia riferimento al Capitolo 5 per la definizione di Worst Case e Real Case.

In Italia, dove questo fenomeno è meno importante rispetto alle latitudini più settentrionali (come ad esempio Danimarca, Germania, Olanda e Svezia), non esiste alcuna norma o regolamento che regoli questo aspetto a livello nazionale.

La tabella seguente riporta le linee guida più rilevanti attualmente esistenti in Europa.

**Tabella 1.1 Alcuni Standard Nazionali in Europa**

Paese	Riferimento	Note rilevanti
England	Planning for Renewable Energy - A companion guide to PPS22 – Office of the Deputy Prime Minister 2004 Onshore Wind Energy Planning Conditions Guidance notes – Renewables Advisory Board and BERR 2007 UK Government Department for Communities and Local Government (March 2012)	È stato dimostrato che lo shadow flickering si verifica solo entro una distanza di 10 diametri del rotore dalle turbine. Lo <b>shadow flickering</b> si verifica solo all'interno di edifici in cui il fenomeno appare attraverso le finestre.

Paese	Riferimento	Note rilevanti
	National Planning Policy Framework UK Government Department for Communities and Local Government (July 2013) Planning practice guidance for renewable and low carbon energy	
Northern Ireland	Best Practice Guidance to Planning Policy Statement 18 'Renewable Energy' – Northern Ireland Department of the Environment 2009	Lo shadow flickering si verifica solo all'interno degli edifici attraverso aperture di finestre strette  Il potenziale di shadow flickering a distanze superiori a 10 diametri del rotore è molto basso  Si consiglia lo shadow flickering negli edifici residenziali vicini e negli uffici non deve superare le 30 ore all'anno
Ireland	Ireland Government Department of Environment (2013) Wind energy Development Guidelines	Lo shadow flickering si verifica solo all'interno degli edifici attraverso aperture di finestre strette  Il potenziale di shadow flickering a distanze superiori a 10 diametri del rotore è molto basso  Si consiglia lo shadow flickering negli edifici residenziali vicini e negli uffici non deve superare le 30 ore all'anno
Germany	Länderausschuss für Immissionsschutz (2002) Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA- Schattenwurf-Hinweise) (Guideline for Identification and Evaluation of the Optical Emissions of Wind Turbines)	Nel caso in cui venga simulato lo scenario peggiore il valore limite di riferimento è pari a un massimo di 30 ore all'anno e 30 minuti al giorno  Nel caso sia simulato lo scenario reale il valore limite di riferimento è pari a 8 ore annue.
Denmark	Danish Government - Miljøministeriet Naturstyrelsen (2015) Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller, 19-20	Nel caso sia simulato lo scenario reale il valore limite di riferimento è pari a 10 ore annue.
Netherlands	Nederlandse overheid - Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (2017) Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer, Art. 3.12	La turbina eolica deve essere dotata di un sistema di controllo automatico dello shadow flickering che blocca la turbina se si verifica uno shadow flickering nei recettori sensibili e: <ul style="list-style-type: none"> <li>• la distanza tra la turbina e il recettore sensibile è inferiore a 12 volte il diametro del rotore;</li> <li>• e se in media lo shadow flickering si verifica più di 17 giorni all'anno per più di 20 minuti al giorno.</li> </ul> I recettori classificati come edifici per uffici non sono mappati come recettori sensibili

### 3.2 STANDARD INTERNAZIONALI

Nell'agosto 2015, World Bank ha pubblicato le Linee guida per l'ambiente, la salute e la sicurezza (EHS) per l'energia eolica contenenti esempi di buone pratiche specifiche per il settore eolico.

La definizione adottata nelle linee guida EHS afferma che lo shadow flickering si verifica quando il sole passa dietro la turbina eolica proiettando un'ombra. Mentre le pale del rotore ruotano, le ombre passano sullo stesso punto causando l'effetto chiamato shadow flickering. Lo shadow flickering può diventare un problema quando recettori potenzialmente sensibili (ad es. Proprietà residenziali, luoghi di lavoro, spazi / strutture di apprendimento e / o di assistenza sanitaria) si trovano nelle vicinanze o hanno un orientamento specifico per l'impianto di energia eolica.

I punti chiave identificati nelle linee guida includono:

- I potenziali problemi di shadow flickering sono più probabili alle latitudini più elevate dove il sole è più basso nel cielo e quindi sono ombre più lunghe che estenderanno il raggio entro il quale si verificherà un impatto potenziale.
- Se non è possibile localizzare le turbine eoliche a distanza tale da non indurre effetti sui recettori più prossimi si raccomanda che la durata prevista degli effetti di shadow flickering sperimentata in un recettore sensibile non superi le 30 ore all'anno e i 30 minuti al giorno considerando lo scenario peggiore (Worst Case) come definito nel Capitolo 5.
- Le misure di prevenzione e controllo raccomandate per evitare impatti significativi dello shadow flickering includono l'ubicazione delle turbine eoliche in modo appropriato per evitare che si verifichi il fenomeno o per rispettare i limiti posti sulla durata del verificarsi dello stesso, come indicato nel paragrafo precedente, o programmare le turbine a spegnersi quando vengono superati i limiti di shadow flickering.

## 4 PANORAMICA DI PROGETTO

### 4.1 LAYOUT DI PROGETTO

Il Progetto, localizzato all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Porto Torres, a ovest dell'abitato omonimo, è costituito da 6 aerogeneratori da 5.6 MW ciascuno. La Figura 4.2 presenta il layout del progetto, mentre la Tabella 1.2 mostra le coordinate degli aerogeneratori e la Tabella 1.3 ne riporta le principali caratteristiche.

**Figura 4.2** Layout di sito



Fonte: ERM, 2019

**Tabella 1.2** Coordinate aerogeneratori

Codice turbina	x	y
WTG1	443368	4519267
WTG2	443858	4518995
WTG3	443687	4519765
WTG4	444271	4519259
WTG5	444296	4519767
WTG6	444531	4518685

**Tabella 1.3 Specifica caratteristiche aerogeneratori**

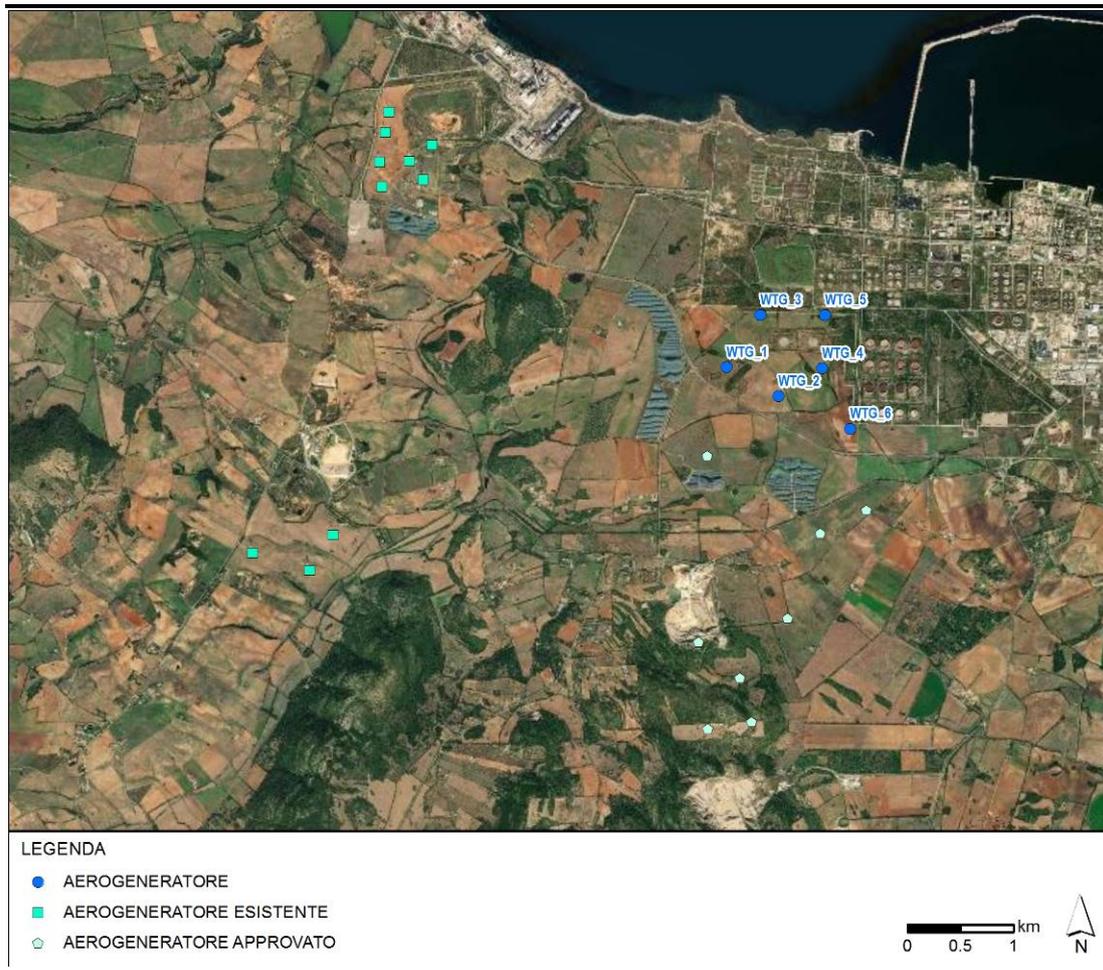
<b>Parametro aerogeneratore</b>	<b>Valore</b>
Potenza nominale	2,0 MW
Numero pale	3
Altezza mozzo rotore	119 m
Diametro rotore	165 m
Velocità rotazione rotore	12,1 rpm

Oltre all'impianto proposto, nell'area di studio sono presenti altri impianti esistenti e autorizzati come mostrato in Figura 4.3:

- 7 aerogeneratori a Nord Ovest in località Monte Rosé;
- 3 aerogeneratori a Sud ovest.

Inoltre a sud dell'area di impianto è stata autorizzata la costruzione di un impianto eolico di potenza pari a 34 MW, volturato a FW Turna S.r.l. Attualmente il progetto è in fase di Verifica di Assoggettabilità a VIA a seguito del deposito di una variante progettuale che prevede l'installazione di n. 8 aerogeneratori da 4,2 MW, per un totale di 33,6 MW complessivi del parco, in sostituzione dei 17 aerogeneratori da 2 MW (per un totale di 34 MW) previsti nel progetto autorizzato con le determinazioni di cui sopra.

**Figura 4.3 Impianti esistenti e approvati nell'area**



Fonte: ERM, 2019

## 4.2 PRESENZA DI RECETTORI SENSIBILI

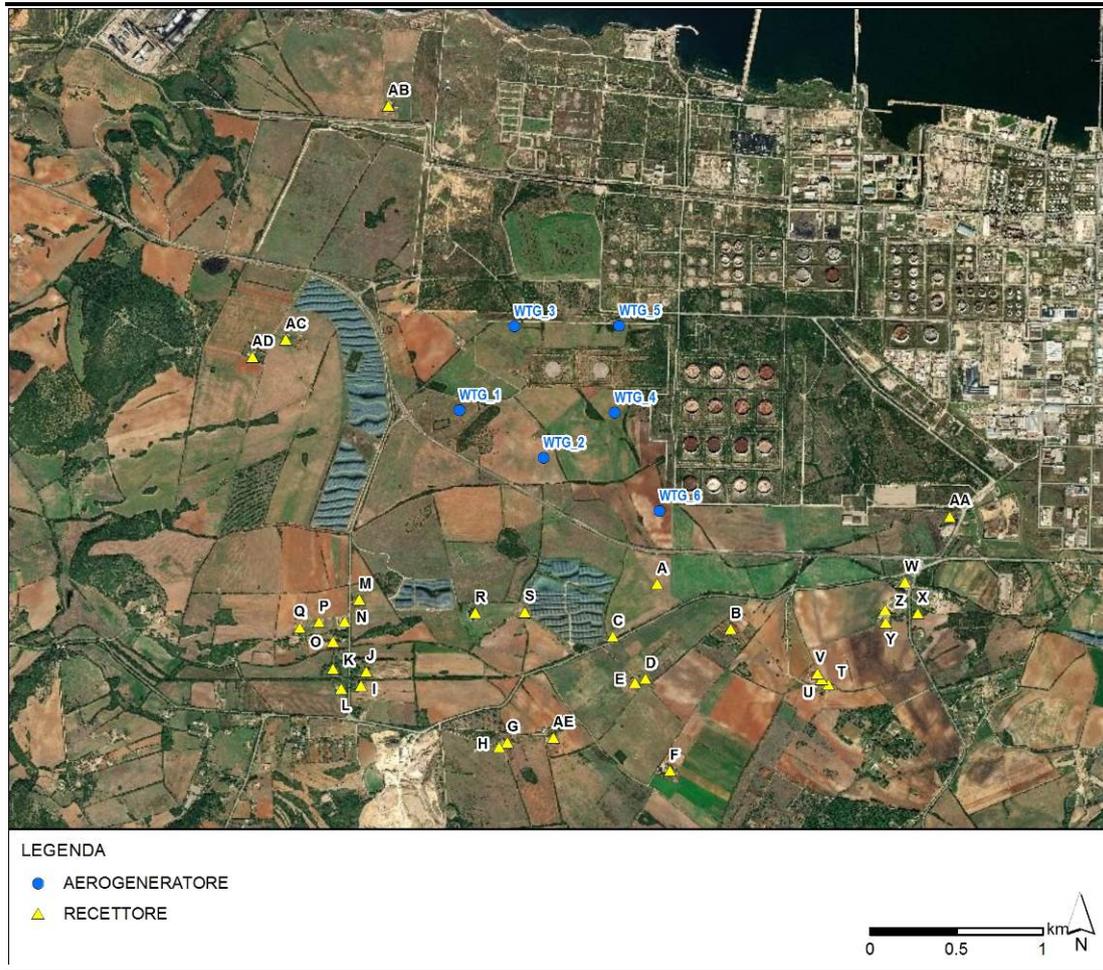
Ai fini della previsione degli impatti indotti dagli aerogeneratori in progetto, sono stati individuati i recettori presenti nei pressi dell'impianto attraverso una ricognizione sul campo (Figura 4.5, Figura 4.6, Figura 4.7, Figura 4.8, Figura 4.9), l'analisi delle immagini satellitari fornite dall'applicativo ESRI ArcGIS e la consultazione delle ortofoto disponibile presso il Servizio Regionale Cartografico della Regione Sardegna (<http://www.sardegnaeoportale.it/>).

Ai fini del presente studio sono stati considerati come recettori le abitazioni residenziali, le attività commerciali (ad esempio bar e agriturismo) localizzati all'interno dell'area di studio definita considerando un buffer 10 volte la dimensione del rotore (165 m x 10) sulla base di alcuni standard di riferimento in adozione a livello internazionale (A.D. Clarke 1991).

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e potenzialmente fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre, sulla direttrice sole-aerogeneratore.

La Figura 4.4 presenta i recettori individuati all'interno dell'area di studio e la Tabella 1.4 ne mostra le coordinate.

Figura 4.4 Recettori



Fonte: ERM, 2019

**Tabella 1.4 Recettori**

Nome recettore	X	y
A	444516	4518257
B	444943	4517994
C	444259	4517951
D	444450	4517702
E	444387	4517681
F	444592	4517165
G	443645	4517330
H	443599	4517302
I	442797	4517662
J	442826	4517745
K	442636	4517759
L	442680	4517647
M	442786	4518166
N	442704	4518039
O	442633	4517920
P	442441	4518002
Q	442553	4518035
R*	443461	4518090
S	443749	4518094
T	445511	4517670
U	445470	4517700
V	445446	4517735
W	445954	4518267
X	446030	4518085
Y	445845	4518032
Z	445841	4518106
AA	446214	4518652
AB	442955	4521054
AC	442360	4519687
AD	442168	4519584
AE	443913	4517357

\*da confermare effettiva classificazione come recettore in quanto desunto dallo Studio Preliminare Ambientale presentato nel 2019 per il Progetto presentato da FW Turna S.r.l.

**Figura 4.5 Recettore AA**



Fonte: ERM, 2019

**Figura 4.6 Recettore B**



Fonte: ERM, 2019

**Figura 4.7 Recettore E**



Fonte: ERM, 2019

---

**Figura 4.8 Recettore F**



Fonte: ERM, 2019

---

**Figura 4.9 Recettore W**



Fonte: ERM, 2019

**Figura 4.10 Recettore Z**



Fonte: ERM, 2019

## 5 METODOLOGIA DI CALCOLO

Il numero teorico di ore di shadow flickering che si verificano ogni anno in un determinato luogo può essere calcolato utilizzando pacchetti di modellazione che incorporano il percorso del sole, la variazione topografica sul sito del parco eolico e i dettagli degli aerogeneratori come il diametro del rotore e l'altezza del mozzo.

Al fine di verificare la sussistenza del fenomeno dello shadow flickering sono state effettuate delle simulazioni mediante l'ausilio del software WindPro 3.2 ©, ampiamente utilizzato a livello globale nel settore eolico. Il pacchetto software include il modulo Shadow Flicker (SHADOW) per la valutazione dell'evoluzione dell'ombra e del flickering.

La probabilità e la durata del fenomeno di shadow flickering dipendono da una serie di fattori, tra cui:

- l'altimetria della zona simulata;
- la disposizione geografica degli aerogeneratori, il modello e le caratteristiche dimensionali;
- la disposizione geografica dei "recettori sensibili".

In generale, lo shadow flickering si verifica in condizioni di cielo sereno, quando il sole è basso all'orizzonte. Quando il Sole diventa troppo basso all'orizzonte e la distanza diventa troppo lunga, l'ombra si disperde prima di raggiungere l'eventuale recettore.

Sulla base di questi dati il software calcola il numero di ore annue di esposizione allo shadow flickering per ciascun nodo del grigliato che copre l'intera area, nonché il numero di ore di esposizione per gli ambienti abitativi, esposizione che si manifesta attraverso le finestre delle diverse abitazioni.

La valutazione dei possibili impatti è stata eseguita considerando due scenari:

- **Scenario peggiore (Worst Case):** ovvero la condizione più sfavorevole possibile, quando il sole splende sempre durante le ore diurne e la turbina eolica è sempre in rotazione;
- **Scenario reale (Real Case):** tenendo conto delle ore medie mensili di sole (Centralina di Alghero distante 21 km) e delle statistiche del vento derivanti dai dati raccolti in sito in seguito alla campagna di misura del vento della durata di 12 mesi, gestita mediante LIDAR modello Leosphere Windcube (RIINA, 2017-2018).

Per entrambi gli scenari è stato modellato sia il contributo esclusivamente dato dalle turbine in progetto sia il contributo cumulato dalla presenza di impianti esistenti e autorizzati (ma non ancora realizzati).

### 5.1 SCENARIO PEGGIORE (WORST CASE)

I calcoli si basano su uno scenario peggiore modellato senza parametri che caratterizzano le impostazioni e le condizioni locali (es. il sole splende sempre durante le ore diurne), nonché le caratteristiche specifiche del progetto.

I due seguenti scenari sono stati predisposti:

- Scenario peggiore – Opzione A: valuta esclusivamente le turbine in progetto;

- Scenario peggiore – Opzione B: valuta il cumulato derivante dalla presenza di aerogeneratori esistenti e autorizzati oltre al progetto proposto.

Per l'esecuzione della simulazione sono stati impostati i seguenti parametri:

- il sole è presente per l'intera giornata, dall'alba al tramonto (ossia si è in condizioni di assenza di copertura nuvolosa);
- il piano di rotazione delle pale è sempre perpendicolare alla direttrice sole/aerogeneratore (l'aerogeneratore "insegue" il sole);
- l'aerogeneratore è sempre operativo;
- per le simulazioni, è stata inoltre selezionata per i recettori la modalità "green house", ovvero il recettore è modellato con caratteristiche di una "serra". Con questa configurazione il recettore non è orientato in una particolare direzione, ma è omnidirezionale.

## 5.2 SCENARIO REALE (REAL CASE BY STATISTICS)

Per questo scenario, i calcoli si basano su una situazione più realistica in cui la probabilità di avere sole pieno si basa su un set di dati di archivio e si presume che il rotore sia in funzione solo per un limitato intervallo di tempo desunto da dati statistici relativi alla ventosità (% di calme di vento oppure venti molto forti che impediscono un corretto funzionamento delle turbine).

In maniera analoga a quanto previsto per lo scenario peggiore, anche per questa configurazione sono stati simulati due scenari:

- Scenario reale – A: valuta esclusivamente le turbine in progetto;
- Scenario reale – B: valuta il cumulato derivante dalla presenza di aerogeneratori esistenti e autorizzati oltre al progetto proposto.

Per l'esecuzione della simulazione sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- modello digitale del terreno per caratterizzare l'orografia (con una dimensione di cella pari a 10 m);
- la posizione degli aerogeneratori, il modello e le caratteristiche dimensionali;
- definizione di recettori, posizione geografica e caratteristiche dimensionali (finestra, patio, area esterna)
- probabilità mensili di presenza di sole forniti dalla centralina di Alghero (Tabella 1.5);
- ore di funzionamento degli aerogeneratori in funzione della direzione del vento così come ottenuti dalle misurazioni fornite dalle campagne anemometriche condotte in sito dal Proponente (
- Tabella 1.6);
- piano di rotazione delle pale è sempre perpendicolare alla linea sole-recettore;
- non sono presenti alberi o altri ostacoli di natura antropica che riducano o annullino i possibili effetti sui recettori.

**Tabella 1.5 Ore medie sole – Centralina Meteo di Alghero (Banca Dati WindPro 3.2)**

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
3,85	4,78	5,80	6,92	8,25	9,91	10,91	9,92	8,15	6,40	4,83	3,92

**Tabella 1.6 Dati del vento derivati dalle campagne di misurazione in sito (Campagna LIDAR 2017-2018, RIINA)**

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSO	OSO	O	ONO	NNO	Total
589	688	786	588	432	422	565	799	961	1218	1056	656	8760

Anche per questo scenario è stata selezionata la modalità “green house” per i recettori e si è trascurata la presenza degli alberi e di altri ostacoli che potenzialmente sono presenti lungo le strade o attorno alle proprietà che “intercettano” l’ombra degli aerogeneratori riducendo quindi il potenziale impatto derivante dal fenomeno di shadow flickering.

Sebbene il modello sia stato impostato con alcuni parametri locali (prevalentemente meteo), la stima a cui si perviene risulta cautelativa, sovrastimando il fenomeno di shadow flickering, principalmente per i seguenti motivi:

- L’occorrenza della copertura nuvolosa ha il potenziale per ridurre significativamente il numero di ore durante le quali l’osservatore sta vivendo lo shadow flickering;
- La presenza di nebbia e alta umidità può ridurre la visibilità e conseguentemente gli effetti dello shadow flickering sull’osservatore;
- La presenza di aerosol nell’atmosfera ha la capacità di influenzare la durata dello shadow flickering poiché la lunghezza dell’ombra proiettata da un aerogeneratore dipende dal grado di diffusione della luce solare diretta, che è strettamente dipendente dalla quantità di disperdente tra osservatore e rotore; e
- L’analisi non ha considerato la presenza di vegetazione o altre barriere fisiche attorno a un recettore in grado di proteggere (totalmente o parzialmente) la vista dell’aerogeneratore.

### 5.3 SINTESI DEI CRITERI/PARAMETRI DEL MODELLO

La seguente Tabella 1.7 riporta una sintesi dei settaggi del modello.

**Tabella 1.7 Settaggi input modello**

Voce	Settaggio Scenario peggiore	Settaggio Scenario reale
Localizzazione aerogeneratori	Vedi figura Figura 4.2	Vedi figura Figura 4.2
Diametro rotore e altezza mozzo rotore	165m / 119m	165m / 119m
Ore operative deli aerogeneratori	<b>Sempre operative</b>	<b>Ore operative in base ai dati del vento derivati da campagna LIDAR 2017-2018</b>
Visibilità aerogeneratori/finestre recettori	Modalità "green house"	Modalità "green house"
Copertura nuvolosa	Non considerato	Non considerato
Barriere fisiche (i.e. vegetazione)	Non considerato	Non considerato
Altezza minima sole all'orizzonte	3°	3°
Passo giorno per il calcolo	1 giorno	1 giorno
Passo temporale per il calcolo	1 minuto	1 minuto
Ore di sole	<b>Sole splende tutto il giorno</b>	<b>Ore di sole secondo la centralina meteo di Alghero disponibile in WindPro</b>
Dati altimetrici	Dati topografici disponibili in WindPro (cella 10m)	Dati topografici disponibili in WindPro (cella 10m)
Altezza vista	1,5 m	1,5 m

## 6 RISULTATI DEL MODELLO

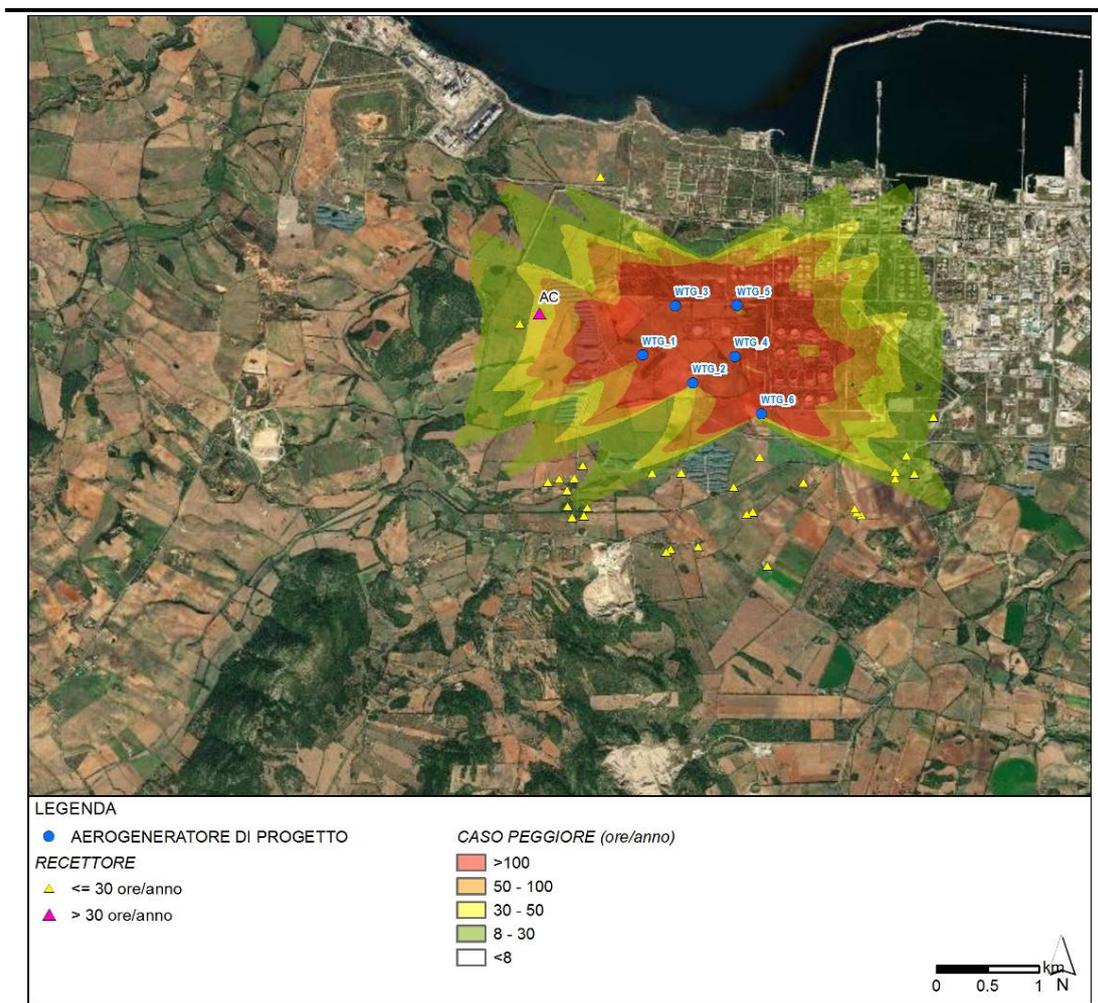
Come precedentemente descritto, sono stati modellati due scenari utilizzando il modulo Shadow Flickering di WindPro per identificare i recettori potenzialmente interessati dal fenomeno. Le seguenti sezioni riportano i risultati ottenuti per ogni scenario modellato.

### 6.1 SCENARIO PEGGIORE (WORST CASE)

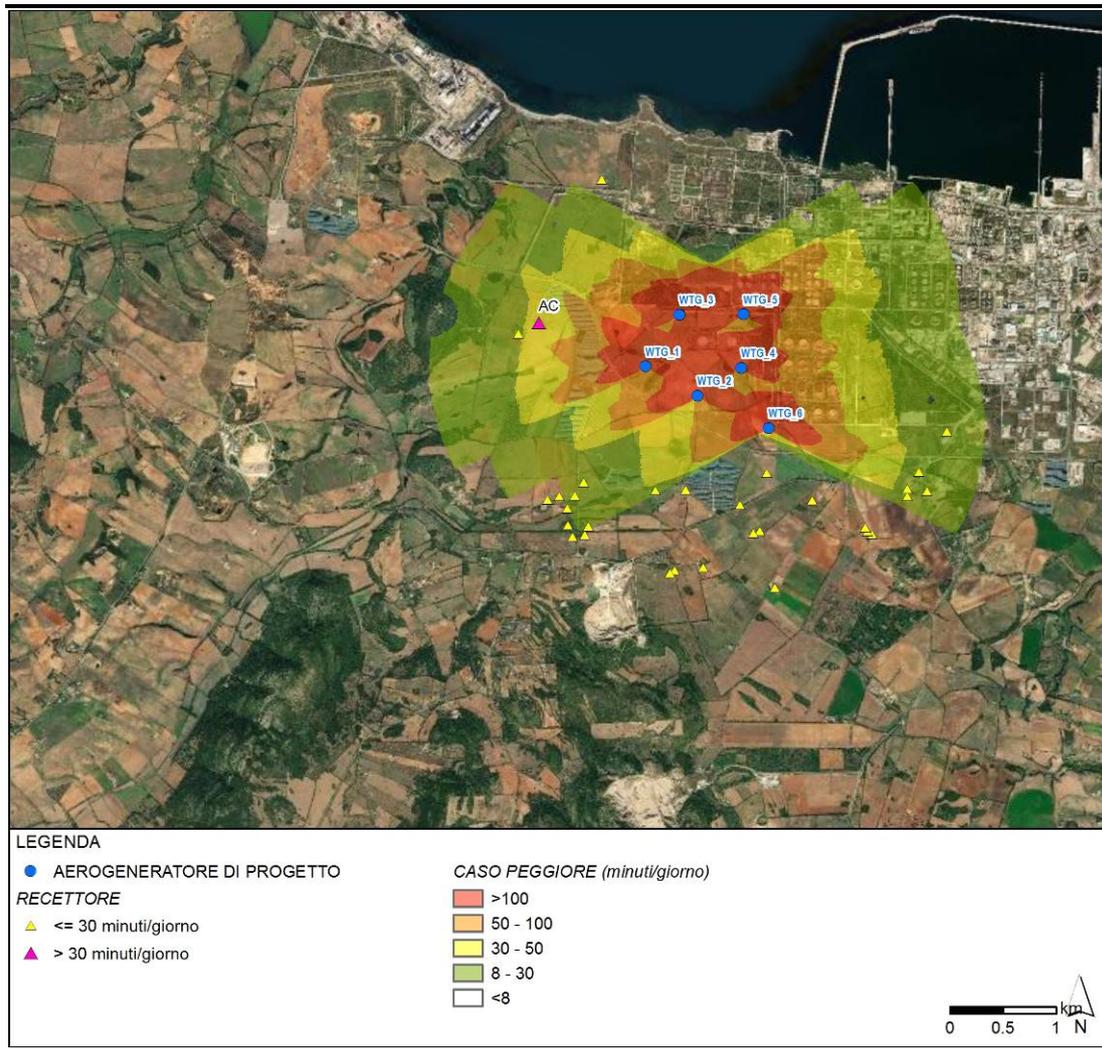
Come presentato nel Paragrafo 5.1 lo scenario peggiore è stato modellato senza parametri che caratterizzano le condizioni locali e le ore di funzionamento specifiche del progetto, in linea con quelli che sono le indicazioni delle Linee Guida Internazionali proposte da International Finance Corporation (2015).

Le seguenti mappe presentano la distribuzione delle aree in cui lo shadow flickering è stato modellato in base allo scenario peggiore (**Opzione A – Aerogeneratori in progetto**) per tenendo conto del solo progetto proposto. I recettori sottoposti al fenomeno per più di 30 ore all'anno sono evidenziati in Figura 6.11. I recettori sottoposti al fenomeno per più di 30 minuti al giorno sono evidenziati in Figura 6.12.

**Figura 6.11 Shadow flicker (ore/anno) – Aerogeneratori in progetto**



Fonte: ERM, 2019

**Figura 6.12 Shadow flicker (minuti/giorno) – Aerogeneratori in progetto**


Fonte: ERM, 2019

Nella seguente tabella sono riportati i risultati dello **Scenario peggiore – Opzione A aerogeneratori in progetto**, con evidenziati i risultati eccedenti le 30 ore/anno e i 30 minuti giorno.

**Tabella 1.8 Risultati Shadow flicker – Aerogeneratori in progetto**

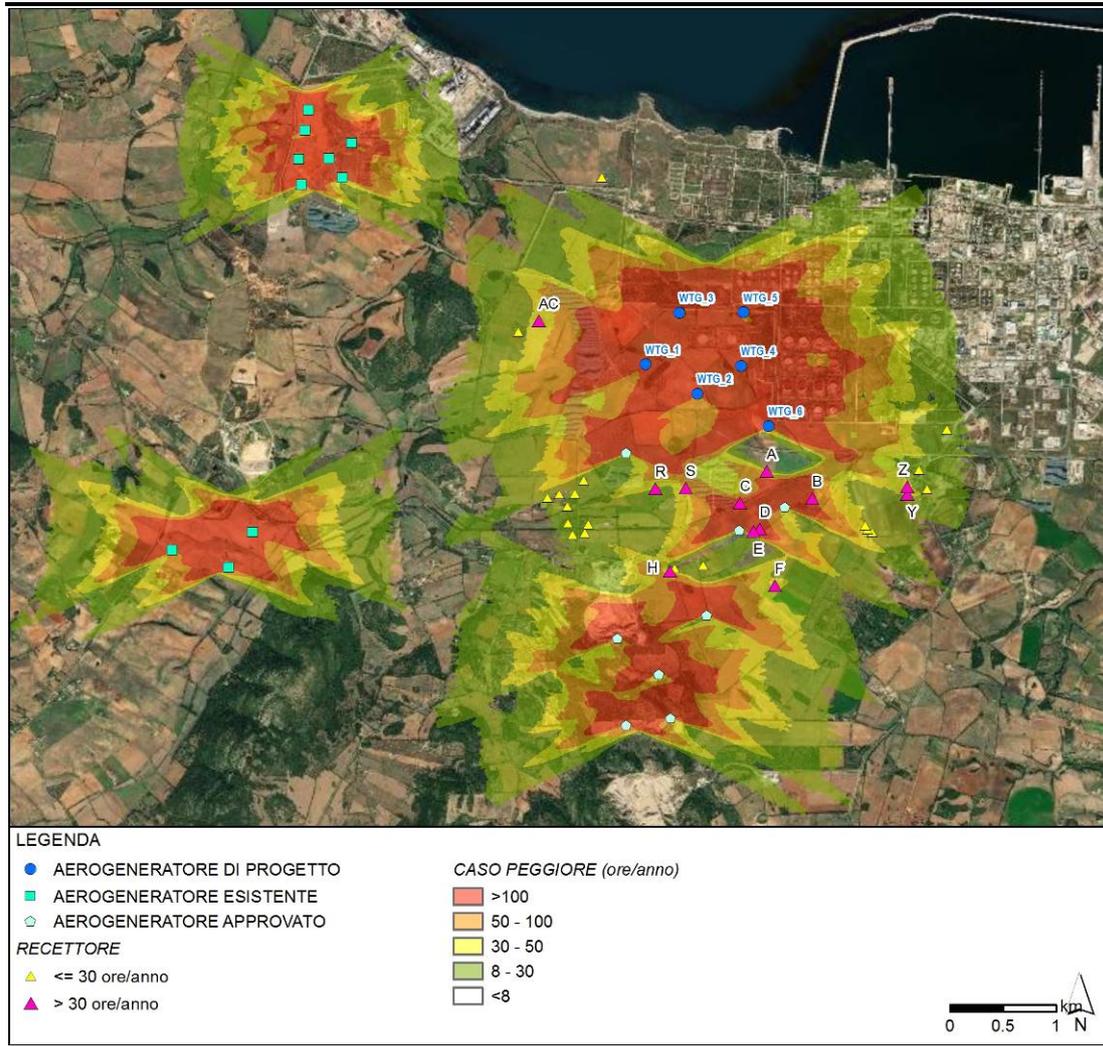
Recettore	Ore/anno	Minuti/giorno
A	00:00	00:00
B	00:00	00:00
C	00:00	00:00
D	00:00	00:00
E	00:00	00:00
F	00:00	00:00
G	00:00	00:00
H	00:00	00:00
I	00:06	00:01
J	04:39	00:10
K	00:00	00:00

Recettore	Ore/anno	Minuti/giorno
L	00:00	00:00
M	06:51	00:18
N	06:25	00:16
O	00:00	00:00
P	00:00	00:00
Q	00:00	00:00
R	10:38	00:19
S	00:00	00:00
T	00:00	00:00
U	00:00	00:00
V	00:00	00:00
W	15:02	00:26
X	14:26	00:24
Y	23:26	00:27
Z	29:32	00:28
AA	12:31	00:22
AB	00:00	00:00
AC	37:16	00:36
AD	24:32	00:30
AE	00:00	00:00

Dalla tabella si evince che solo presso il recettore AC potrebbe verificarsi il fenomeno di shadow flicker per più di 30 ore/anno e più di 30 minuti/giorno, con valori di poco superiori ai livelli di riferimento proposti dalle linee guida IFC.

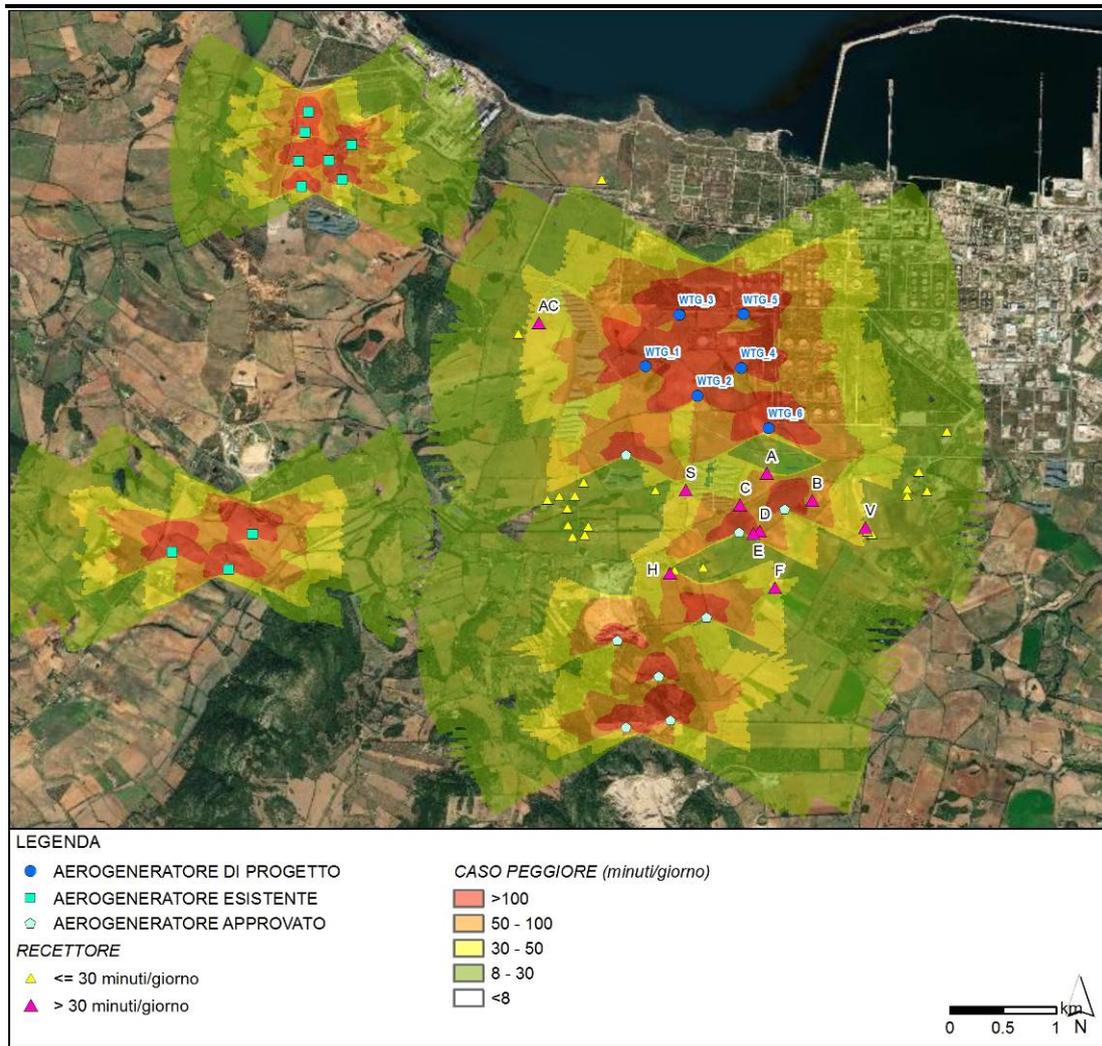
Le seguenti mappe presentano la distribuzione delle aree in cui lo shadow flickering è stato modellato in base allo scenario peggiore (**Opzione B**) tenendo conto anche dei progetti esistenti/autorizzati oltre al progetto proposto. I recettori sottoposti al fenomeno per più di 30 ore all'anno sono evidenziati nella Figura 6.13. I recettori sottoposti al fenomeno per più di 30 minuti al giorno sono evidenziati nella Figura 6.14.

Figura 6.13 Shadow flicker (ore/anno) – Tutti gli aerogeneratori



Fonte: ERM, 2019

Figura 6.14 Shadow flicker (minuti/giorno) – Tutti gli aerogeneratori



Fonte: ERM, 2019

Nella Tabella 1.9 sono riportati i risultati del **Scenario peggiore – Opzione B tutti gli aerogeneratori**, con evidenziati i risultati eccedenti le 30 ore/anno e i 30 minuti giorno.

**Tabella 1.9 Risultati Shadow flicker – Tutti gli aerogeneratori**

Recettore	Ore/anno	Contributo del Progetto Proposto (Ore/anno)	Minuti/giorno	Contributo del Progetto Proposto (Minuti/giorno)
A	35:48	00:00	00:48	00:00
B	122:49	00:00	01:18	00:00
C	167:28	00:00	01:29	00:00
D	249:51	00:00	01:40	00:00
E	261:01	00:00	02:10	00:00
F	36:58	00:00	00:44	00:00
G	08:28	00:00	00:22	00:00
H	34:03	00:00	00:52	00:00
I	15:59	00:06	00:18	00:01
J	22:26	04:39	00:18	00:10
K	12:20	00:00	00:16	00:00
L	10:45	00:00	00:16	00:00
M	10:43	06:51	00:18	00:18
N	09:43	06:25	00:16	00:16
O	07:06	00:00	00:15	00:00
P	02:30	00:00	00:13	00:00
Q	10:10	00:00	00:13	00:00
R	30:09	10:38	00:27	00:19
S	57:16	00:00	00:38	00:00
T	26:11	00:00	00:28	00:00
U	28:15	00:00	00:30	00:00
V	29:07	00:00	00:31	00:00
W	22:55	15:02	00:26	00:26
X	21:47	14:26	00:24	00:24
Y	33:11	23:26	00:27	00:27
Z	39:25	29:32	00:28	00:28
AA	16:42	12:31	00:22	00:22
AB	00:00	00:00	00:00	00:00
AC	37:16	37:16	00:36	00:36
AD	24:32	24:32	00:30	00:30
AE	20:53	00:00	00:23	00:00

I risultati indicati nella precedente tabella mostrano che 9 ricettori risultano potenzialmente soggetti al fenomeno dello shadow flicker derivante dalla co-presenza dei diversi impianti, tuttavia, solo per il ricettore AC vi è un contributo derivante dall'esercizio del progetto proposto.

## 6.2 SCENARIO REALE (REAL CASE BY STATISTICS)

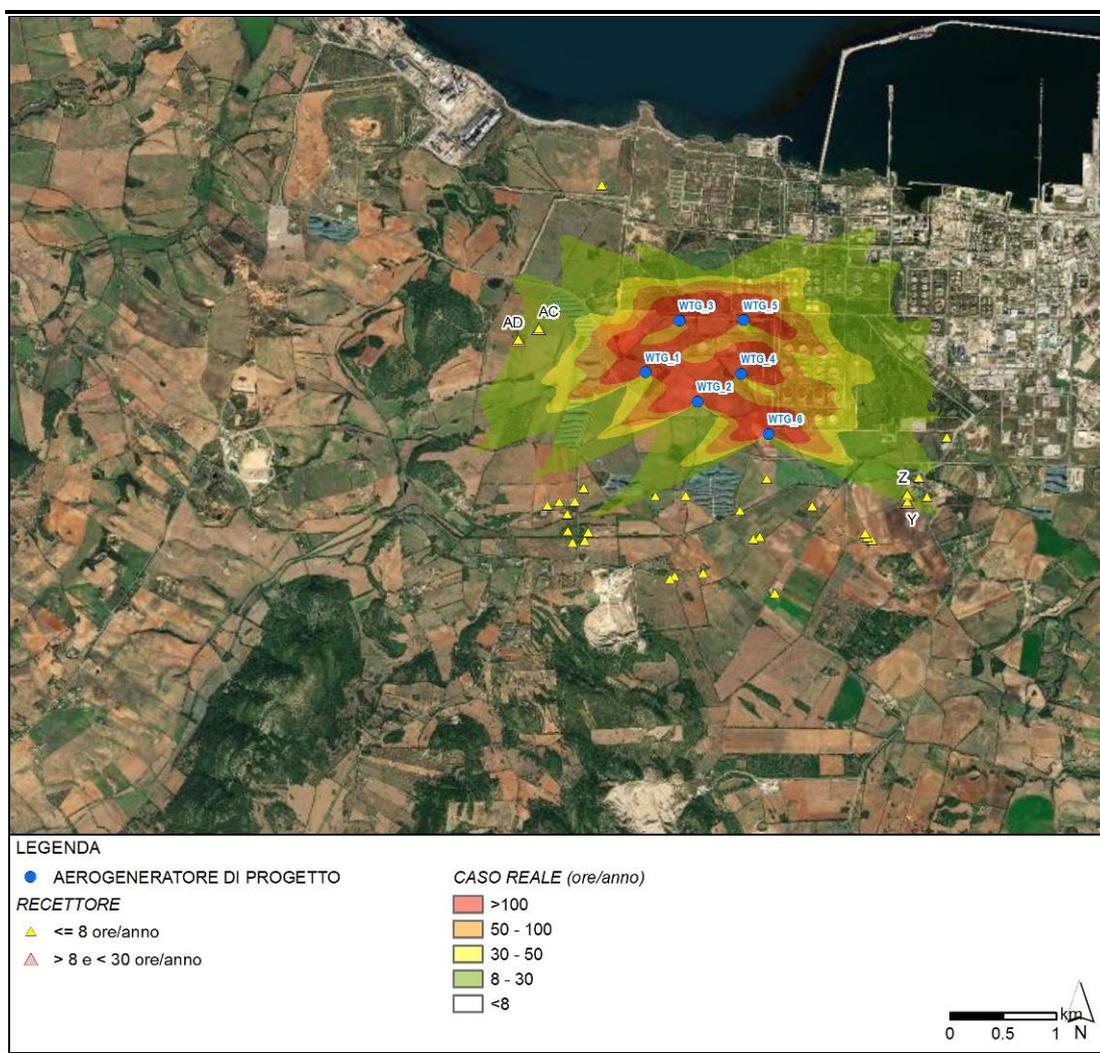
Come presentato nel Paragrafo 5.2, per questo scenario, i calcoli si basano su una situazione più realistica in cui la probabilità di avere sole pieno si basa su un set di dati di archivio e si

presume che il rotore sia in funzione solo per un limitato intervallo di tempo desunto da dati statistici relativi alla ventosità (% di calme di vento oppure venti molto forti che impediscono un corretto funzionamento delle turbine).

Le seguenti mappe presentano la distribuzione dello shadow flickering tenendo conto dei riferimenti IFC e della proposta più conservativa presente nelle linee guida tedesche pari a 8 ore/anno.

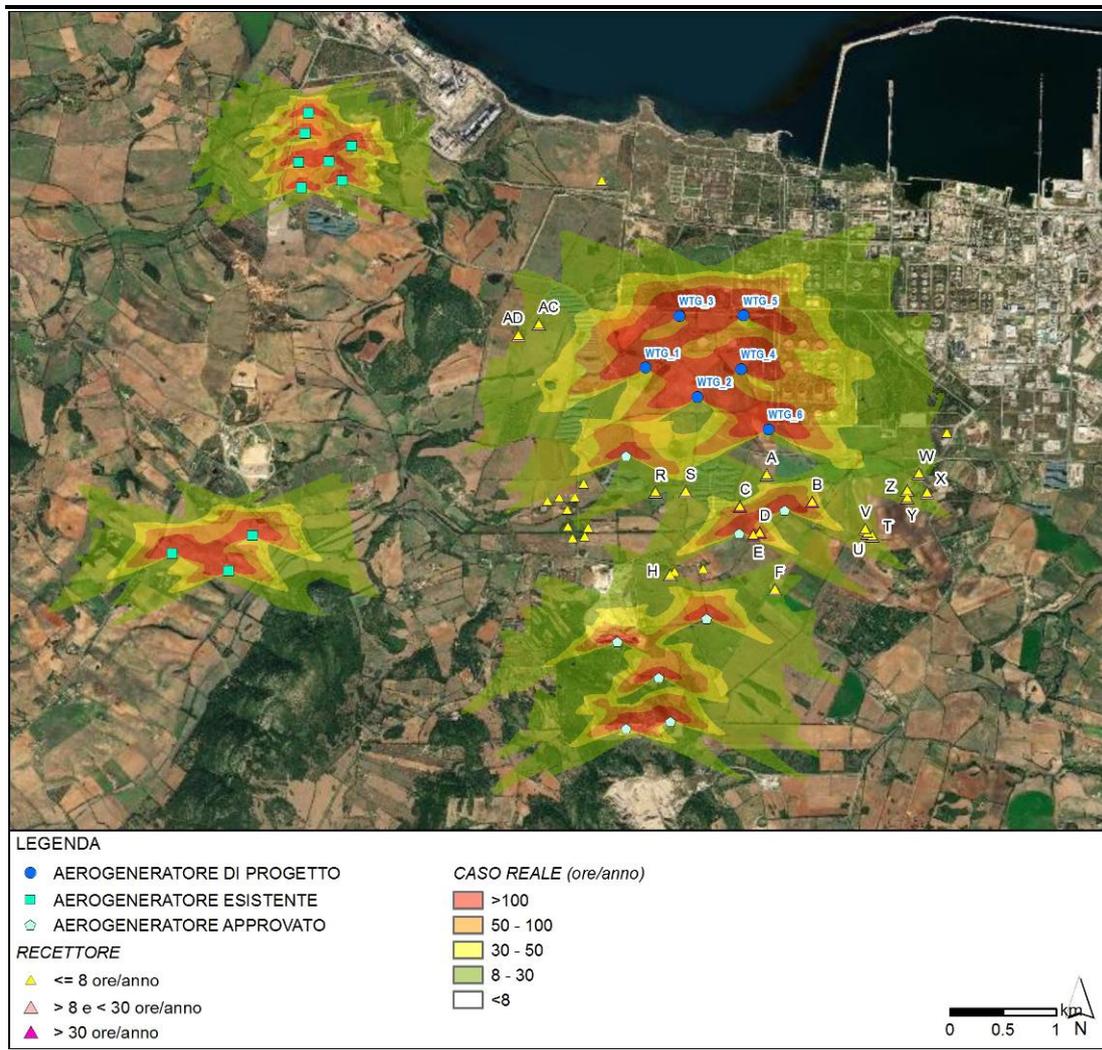
I recettori sottoposti a shadow flickering per più di 8 e di 30 ore all'anno sono evidenziati in Figura 6.15 e in Figura 6.16.

**Figura 6.15 Shadow flicker (ore/anno) – Aerogeneratori in progetto - Scenario Reale Opzione A**



Fonte: ERM, 2019

**Figura 6.16 Shadow flicker (ore/anno) – Tutti gli aerogeneratori – Scenario reale Opzione B**



Fonte: ERM, 2019

Nella Tabella 1.10 sono riportati i risultati del **Scenario reale – Opzioni A e B**, con evidenziati:

- In azzurro i risultati eccedenti le 8 ore/anno ma inferiori alle 30 ore/anno;
- In grigio i risultati eccedenti le 30 ore/anno.

**Tabella 1.10 Risultati Shadow flicker**

Recettore	Ore/anno	
	Solo aerogeneratori in progetto (A)	Tutti gli aerogeneratori (B)
A	0:00	9:29
B	0:00	46:51
C	0:00	52:01
D	0:00	106:39
E	0:00	112:01
F	0:00	12:09
G	0:00	3:06
H	0:00	9:12
I	0:02	4:42
J	2:10	7:20
K	0:00	3:35
L	0:00	3:19
M	2:58	4:11
N	2:51	3:57
O	0:00	2:06
P	0:00	0:50
Q	0:00	3:09
R	5:01	11:09
S	0:00	15:35
T	0:00	10:08
U	0:00	10:51
V	0:00	11:11
W	5:59	8:47
X	5:53	8:37
Y	9:48	13:30
Z	12:19	15:56
AA	4:53	6:15
AB	0:00	0:00
AC	12:37	12:37
AD	8:35	8:35
AE	0:00	6:03

I risultati indicati in Tabella 1.10 mostrano che 14 ricettori potrebbero essere potenzialmente soggetti al fenomeno dello shadow flicker generato dalla co-presenza di tutti gli aerogeneratori (Opzione B) per più di 8 ore/anno ma meno di 30 ore/anno e solo 4 potrebbero essere impattati per più di 30 ore/anno.

Per quanto concerne il primo caso (Opzione A), ossia valori compresi tra 8 ore/anno e 30 ore/anno, il progetto proposto potenzialmente impatta sui ricettori Y, Z, AC e AD, mentre contribuisce in parte ad a valori di poco superiori al riferimento tedesco per i ricettori W e X, per lo più ascrivibili alle assunzioni conservative con cui è stato condotto lo studio (ricettori rappresentati come serra, assenza di barriere naturali ed artificiali). Con riferimento all' Opzione A non si registra nessun possibile valore superiore al valore delle linee guida internazionali proposte da IFC pari a 30 ore/anno.

## 7 CONCLUSIONI

Il presente allegato si riferisce alla valutazione attraverso un approccio modellistico del potenziale impatto derivante dall'insorgenza del fenomeno denominato Shadow Flickering (evoluzione dell'ombra, letteralmente ombreggiamento intermittente) che si potrebbe manifestare a seguito dell'entrata in esercizio dell'impianto eolico proposto da Eni New Energy SpA all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Porto Torres, costituito da 6 aerogeneratori di potenza complessiva di 34 MW.

La valutazione, effettuata attraverso il Modulo Shadow del Programma WindPro 3.2, è stata svolta attraverso la predisposizione di due scenari denominati Scenario Peggior (Worst Case) e Scenario Reale (Real Case) (maggiormente rappresentativo delle condizioni locali meteo e di ventosità dell'area oggetto del Progetto).

Come illustrato nel Capitolo 3, il contesto normativo italiano non prevede una normativa di riferimento o linee guida sul tema specifico dello Shadow Flickering. Al fine di valutare in maniera oggettiva i risultati del modello sono stati considerati i seguenti due riferimenti (**che non rappresentano un valore limite prescrittivo**):

- International Finance Corporation (EHS Guidelines 2015) che raccomandano, per lo scenario Worst Case una durata degli effetti di shadow flickering non superiore alle 30 ore/anno e ai 30 minuti/giorno.
- Al fine di valutare in maniera ancor più conservativa i risultati, la valutazione dei risultati dello Scenario Real Case è stata condotta tenendo in considerazione anche le linee guida tedesche che riportano un limite pari a 8 ore/anno, applicato al Caso Reale.

Oltre ai possibili effetti indotti dal Progetto oggetto dello studio, sono stati considerati i potenziali impatti cumulati generati dalla co-presenza di progetti esistenti e autorizzati (non ancora in esercizio) nell'area di interesse effettuando simulazioni che tenessero conto anche dei possibili effetti cumulati derivanti dalla presenza di impianti esistenti e autorizzati.

Stante queste considerazioni, analizzando i risultati emerge come nello scenario peggiore 9 recettori su 31 presentano valori al di sopra dei livelli di orientamento internazionale di 30 ore/anno, e di 30 minuti/giorno. Di questi 9 solo per 1 recettore (AC) il progetto oggetto del presente studio contribuisce al superamento dello standard internazionale scelto.

Nello scenario reale invece 4 recettori risultano al di sopra dei livelli di orientamento internazionale di 30 ore/anno per gli effetti degli aerogeneratori esistenti nell'area e si evince che nessuno di questi recettori è impattato dall'impianto in progetto. Altresì, con riferimento al riferimento più conservativo tedesco (8 ore/anno) si riscontrano possibili valori superiori solo per 4 ricettori (Y, Z, AC e AD) potenzialmente impattati dal solo impianto in progetto e per altri 4 recettori impattati lievemente in maniera cumulativa dall'impianto in progetto e da un impianto autorizzato (R, W, X).

Tuttavia, come riportato nel Capitolo 4, si sottolinea come l'analisi condotta non ha tenuto conto della presenza di "zone di esclusione" naturali o artificiali che hanno la facoltà di inibire (parzialmente o totalmente) il fenomeno dello Shadow Flicker sui ricettori individuati (es.: presenza di alberature, tendaggi, infissi, ecc.), poiché il calcolo si è basato esclusivamente sui dati di orografia e geografici del sito in esame.

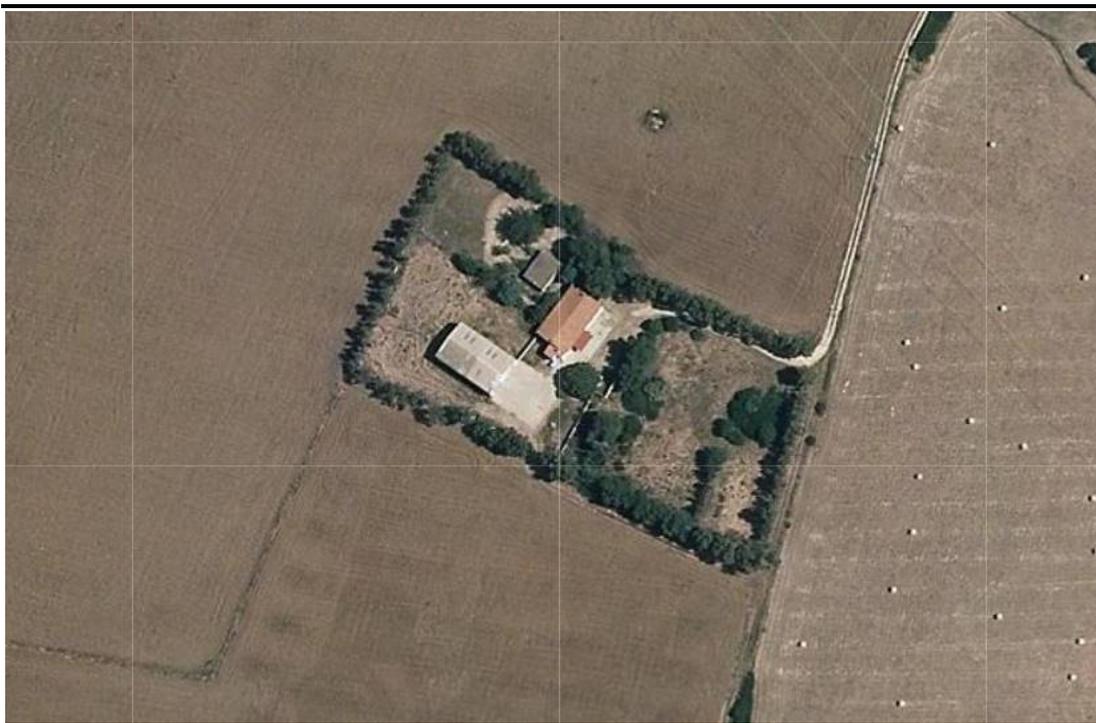
Sulla base dei primi esiti della indagine fotografica effettuata in sito e della valutazione delle immagini aeree (sardegnageoportale.it) per comprendere la configurazione del territorio in cui si collocano i recettori sensibili e le caratteristiche stesse degli edifici, si sottolinea come alcuni dei recettori individuati non siano abitati oppure siano già caratterizzati dalla presenza di barriere fisiche (i.e. alberature, portici, tende da sole) che riducono l'esposizione al fenomeno dell'ombreggiamento intermittente, come si evince dalle figure seguenti:

**Figura 6.1**      **Possibile presenza alberature recettore AC**



Fonte: estratto del Geoportale Regione Sardegna, data foto aerea 2013

**Figura 6.2 Presenza alberature recettore AD**



Fonte: estratto del Geoportale Regione Sardegna, data foto aerea 2013

**Figura 6.3 Presenza Portico e Tende (Recettore Z)**



Fonte: ERM, 2019

**Figura 6.4 Presenza alberature recettore R**



Fonte: estratto del Geoportale Regione Sardegna, data foto aerea 2013. Il recettore è stato mappato sulla base di analisi documentazione e necessita una conferma sul campo.

**Figura 6.5 Presenza alberature recettore W**

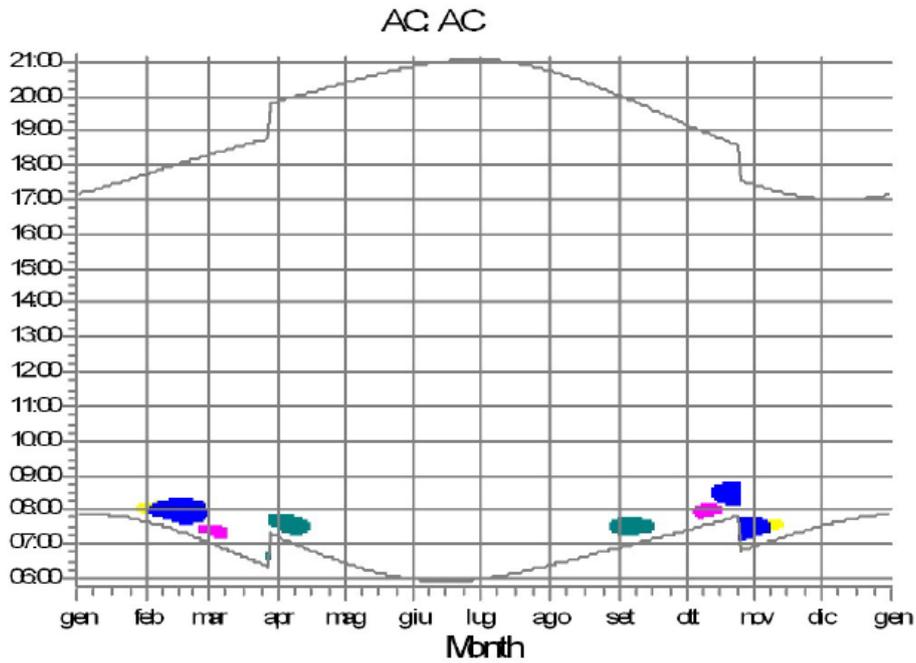


Fonte: estratto del Geoportale Regione Sardegna, data foto aerea 2013.

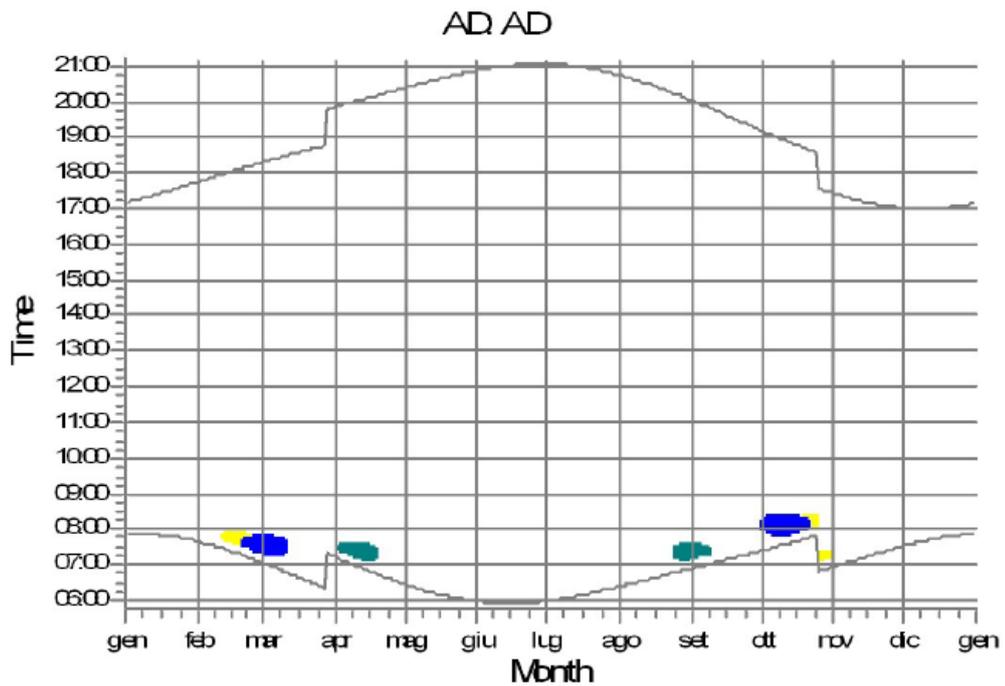
Inoltre, si rammenta che lo Shadow Flicker è atteso verificarsi solo nelle giornate in cui il sole non è oscurato da nuvole, in caso contrario il fenomeno non avrà luogo.

Oltre alla presenza di elementi schermanti, l'analisi dei risultati come riportato negli allegati dimostra che il fenomeno è piuttosto limitato nel tempo:

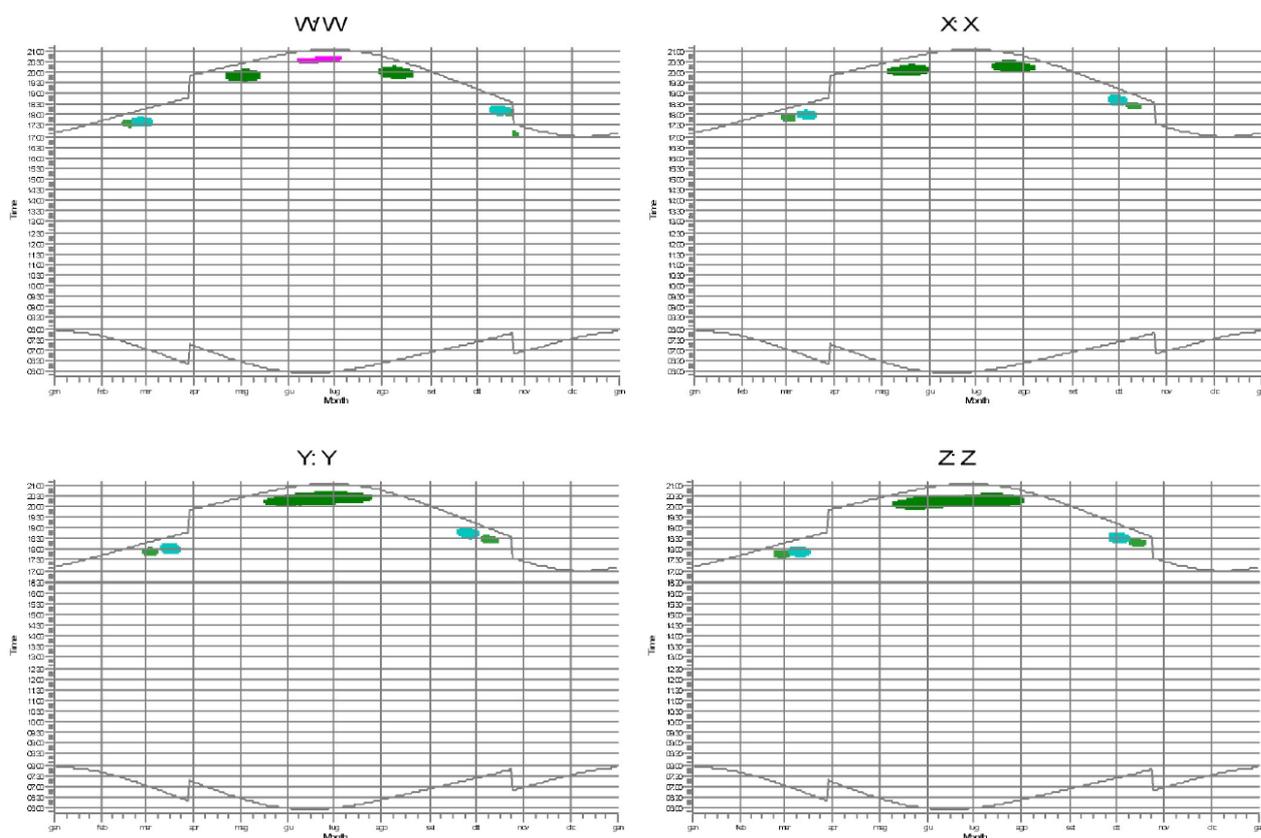
- Recettore AC – ad intervalli limitato al periodo inizio primavera e autunnale, solo nelle ore mattutine.



- Recettore AD ad intervalli limitato al periodo inizio primavera e autunnale, solo nelle ore mattutine.



- Recettore Y, Z, W e X concentrati nel periodo estivo nel tardo pomeriggio



Stante queste considerazioni, gli effetti derivanti dall'insorgenza del fenomeno dello shadow flickering derivanti dal progetto proposto, tenendo in considerazione anche il contributo cumulato, possono essere considerati molto modesti per le strutture individuate.

Tuttavia alla luce di quanto descritto, al fine di minimizzare gli impatti sui pochi recettori risultati potenzialmente interessati dallo shadow flicker, si potranno effettuare, ove richiesto dai recettori stessi, ed in caso di conferma puntuale della presenza del fenomeno oltre le soglie proposte, le seguenti attività di mitigazione sulla base della raccolta di eventuali segnalazioni:

- **Inserimento di barriere visive (naturali):** progettare interventi specifici e poco invasivi (come la piantumazione di apposita vegetazione folta e ombreggiante, ecc.) che possono coprire la vista delle turbine eoliche dalle finestre delle case vicine e perciò prevenire, o annullare, lo Shadow Flicker.
- **Inserimento di barriere visive (strutturali):** nel caso in cui lo screening visivo naturale sui potenziali recettori sensibili risulta insufficiente, si valuterà la possibilità di implementare lo screening architettonico / strutturale tramite l'installazione di persiane, tende da sole o recinzioni sui recettori interessati eliminando ulteriormente l'effetto dello sfarfallio dell'ombra.

## 8 REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

American Wind Energy Association, 2010, Wind Turbines and Health

Boverket (2009) Vindkraftshandboken Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden

Burton (2001), Wind Energy Handbook

Clarke A.D. 1991: A case of shadow flicker / flashing: assessment and solution. Techno Policy Group, Open University. Milton Keynes, UK

C.E. McClelland, M. Knipe – Wind Energy Center University of Massachusetts, Department of Mechanical & Industrial Engineering (link: [www.umass.edu/windenergy](http://www.umass.edu/windenergy))

Copes et al, Wind Turbines And Environmental Assessment, National Collaborating Centre for Environmental Health, June 23, 2009

Copes, R. and K. Rideout. Wind Turbines and Health: A Review of Evidence. Ontario

Agency for Health Protection and Promotion 2009

Department of Environment, Heritage and Local Government [Ireland], Undated, Planning Guidelines

Danish Wind Industry Association (link: [www.windpower.org](http://www.windpower.org));

German Guideline "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)" (Guideline for Identification and Evaluation of the Optical Emissions of Wind Turbines)

Government of South Australia, 2002, Planning Bulletin – Wind Farms

International Finance Corporation / World Bank Group, 2015, Environmental, Health, and Safety Guidelines for Wind Energy

International Review of Policies and Recommendations for Wind Turbine Setbacks from Residences: Setbacks, Noise, Shadow Flicker, and Other Concerns; Minnesota Department of Commerce: Energy Facility Permitting (October 19, 2011);

Linee guida per la valutazione della compatibilità ambientale – paesaggistica Impianti di produzione ad energia eolica", ARPA Puglia; Maggio 2013;

Minnesota Department of Health (MDH) 2009 Public Health Impacts of Wind Turbines

National Research Council (NRC). Environmental Impacts of Wind-Energy Projects, 2007 NRC, Washington, DC

Northern Ireland Department of the Environment, 2009, Best Practice Guidance to Planning Policy Statement 18 „Renewable Energy“

Notes on the identification and evaluation of the optical Emissions of Wind Turbines – States Committee for Pollution Control – Nordrhein Westfalen 2002

Onshore Wind: Shadow Flicker, Department for Business Enterprise and Regulatory Reform (BERR), 2009

Osten, Tjado and Pahlke, Thomas. 1998. "Shadow Impact on the surrounding of Wind Turbines." DEWI Magazine. No. 13. August. pp. 6-12

Planning for Renewable Energy - A companion guide to PPS22 – Office of the Deputy Prime Minister 2004

Taylor D. & Rand M., 1991, Planning for Wind Energy in Dyfed

Update of UK Shadow Flicker evidence base, Department of Energy & Climate Change, 2011

UK Government Department for Communities and Local Government (March 2012) National Planning Policy Framework

UK Government Department for Communities and Local Government (July 2013) Planning practice guidance for renewable and low carbon energy

Update of UK Shadow Flicker Evidence Base - Final Report; Drive for The Department of Energy and Climate Change, UK; Authors: Parsons Brinckerhoff, Amber Court, William Armstrong.

World Health Organization, Large analysis and review of European housing and health status (LARES) Preliminary overview, 2007

Weatheronline.com for cloud coverage trend [accessed 02 October 2017]

Wind Turbine Health Impact Study: Report of Independent Expert Panel (January 2012) Prepared for: Massachusetts Department of Environmental Protection; Massachusetts Department of Public Health.