



# Parco Eolico 99 MWp Comuni di San Paolo di Civitate e Torremaggiore

## Allegato 9 – Shadow Flickering

Studio di Impatto Ambientale

PREPARED FOR



REPSOL GAUDE S.R.L.

DATA

23 Febbraio 2024

RIFERIMENTO

0706735



## DOCUMENT DETAILS

TITOLO	Parco Eolico 99 MWp Comuni di San Paolo di Civitate e Torremaggiore
SOTTOTITOLO	Studio di Impatto Ambientale - Allegato 9 Shadow Flickering
PROGETTO NUMERO	0706735
Data	23 Febbraio 2024
Versione	01
Autore	ERM
Cliente	REPSOL GAUDE S.R.L.

## DOCUMENT HISTORY

				ERM APPROVAL TO ISSUE		
VERSION	REVISION	AUTHOR	REVIEWED BY	NAME	DATE	COMMENTS
Finale	01	Aurora Finiguerra	Deborah Modena	Alessandro Sestagalli Marco Orecchia	23.02.24	

# Parco Eolico 99 MWp Comuni di San Paolo di Civitate e Torremaggiore

Allegato 9 Shadow Flickering

0706735



---

**Deborah Modena**

Project manager



---

**Alessandro Sestagalli**

Partner

---

ERM Italia S.p.A.  
Via San Gregorio, 38  
20124 Milano - Italia  
Tel: +39 02 674401

## INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	SHADOW FLICKERING	2
2.1	POTENZIALI EFFETTI CORRELATI ALLO SHADOW FLICKERING	3
3.	STANDARD E LINEE GUIDA	5
3.1	STANDARD NAZIONALI	5
3.2	STANDARD INTERNAZIONALI	7
4.	PANORAMICA DI PROGETTO	8
4.1	LAYOUT DI PROGETTO	8
4.2	PRESENZA DI RECETTORI SENSIBILI	10
5.	METODOLOGIA DI CALCOLO	12
5.1	SCENARIO PEGGIORE (WORST CASE)	12
5.2	SCENARIO REALE (REAL CASE BY STATISTICS)	13
5.3	SINTESI DEI CRITERI/PARAMETRI DEL MODELLO	14
6.	RISULTATI DEL MODELLO	15
6.1	SCENARIO PEGGIORE (WORST CASE)	15
6.1.1	Opzione A – Aerogeneratori in progetto	15
6.1.2	Opzione B – Tutti gli aerogeneratori	16
6.2	SCENARIO REALE (REAL CASE BY STATISTICS)	18
6.2.1	Opzione A – Aerogeneratori in progetto	18
6.2.2	Opzione B – Tutti gli aerogeneratori	19
6.3	ANALISI RISULTATI	20
6.3.1	Opzione A – Aerogeneratori in progetto	20
6.3.2	Opzione B – Tutti gli aerogeneratori	27
7.	CONCLUSIONI	29
8.	REFERENCES	31
	APPENDIX A RISULTATI DEL MODELLO OPZIONE A – AEROGENERATORI IN PROGETTO	1
	APPENDIX B RISULTATI DEL MODELLO OPZIONE B – TUTTI GLI AEROGENERATORI	1

## LISTA DELLE TABELLE

TABELLA 3.1	ALCUNI STANDARD NAZIONALI IN EUROPA	5
TABELLA 4.1	COORDINATE DELLE TURBINE	9
TABELLA 4.2	SPECIFICA CARATTERISTICHE DEGLI AEROGENERATORI	9
TABELLA 5.1	ORE MEDIE SOLE – CENTRALINA METEO DI AMENDOLA (BANCA DATI WINDPRO 4.0)	13
TABELLA 5.2	DATI DEL VENTO DERIVATI DALLE CAMPAGNE DI MISURAZIONE IN SITO	13
TABELLA 5.3	SETTAGGI INPUT MODELLO	14
TABELLA 6.1	COMPARAZIONE ORE/ANNO CASO PEGGIORE CON CASO REALE	21
TABELLA 6.2	DIFFERENZA NUMERO RECETTORI IMPATTATI PER OPZIONE A E OPZIONE B	27
TABELLA 6.3	DIFFERENZA NUMERO RECETTORI IMPATTATI PER OPZIONE A E OPZIONE B	27

## LISTA DELLE FIGURE

FIGURA 1.1	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	1
FIGURA 2.1	SCHEMATIZZAZIONE DELL'EFFETTO DI SHADOW FLICKERING	2
FIGURA 4.1	LAYOUT DI SITO	8
FIGURA 4.2	IMPIANTI ESISTENTI E APPROVATI NELL'AREA	10
FIGURA 4.3	LOCALIZZAZIONE RECETTORI	11
FIGURA 6.1	CASO PEGGIORE SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO	15
FIGURA 6.2	CASO PEGGIORE SHADOW FLICKER (MINUTI/GIORNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO	16
FIGURA 6.3	CASO PEGGIORE SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – TUTTI GLI AEROGENERATORI	17
FIGURA 6.4	CASO PEGGIORE SHADOW FLICKER (MINUTI/GIORNO) – TUTTI GLI AEROGENERATORI	18
FIGURA 6.5	CASO REALE SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO	19
FIGURA 6.6	CASO REALE SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – TUTTI GLI AEROGENERATORI	20
FIGURA 6.7	RECETTORI ZONA SUD DI SAN PAOLO DI CIVITATE	22
FIGURA 6.8	ESEMPIO DI RECETTORI NELLA ZONA	22
FIGURA 6.9	CASO PEGGIORE - RIDUZIONE CON SCHERMATURA (A DESTRA)	23
FIGURA 6.10	CASO REALE - RIDUZIONE CON SCHERMATURA (A DESTRA)	23
FIGURA 6.11	RECETTORI 82-91-190 (DESTINAZIONE INDUSTRIALE)	24
FIGURA 6.12	RECETTORE 500 (DESTINAZIONE INDUSTRIALE)	25
FIGURA 6.13	RECETTORI 1114-1228-1314-1497-1585-1751-1771 (DESTINAZIONE INDUSTRIALE)	25
FIGURA 6.14	RECETTORE 1552 (DESTINAZIONE AGRICOLA)	26
FIGURA 6.15	RECETTORE 1620 (CHIESA)	26

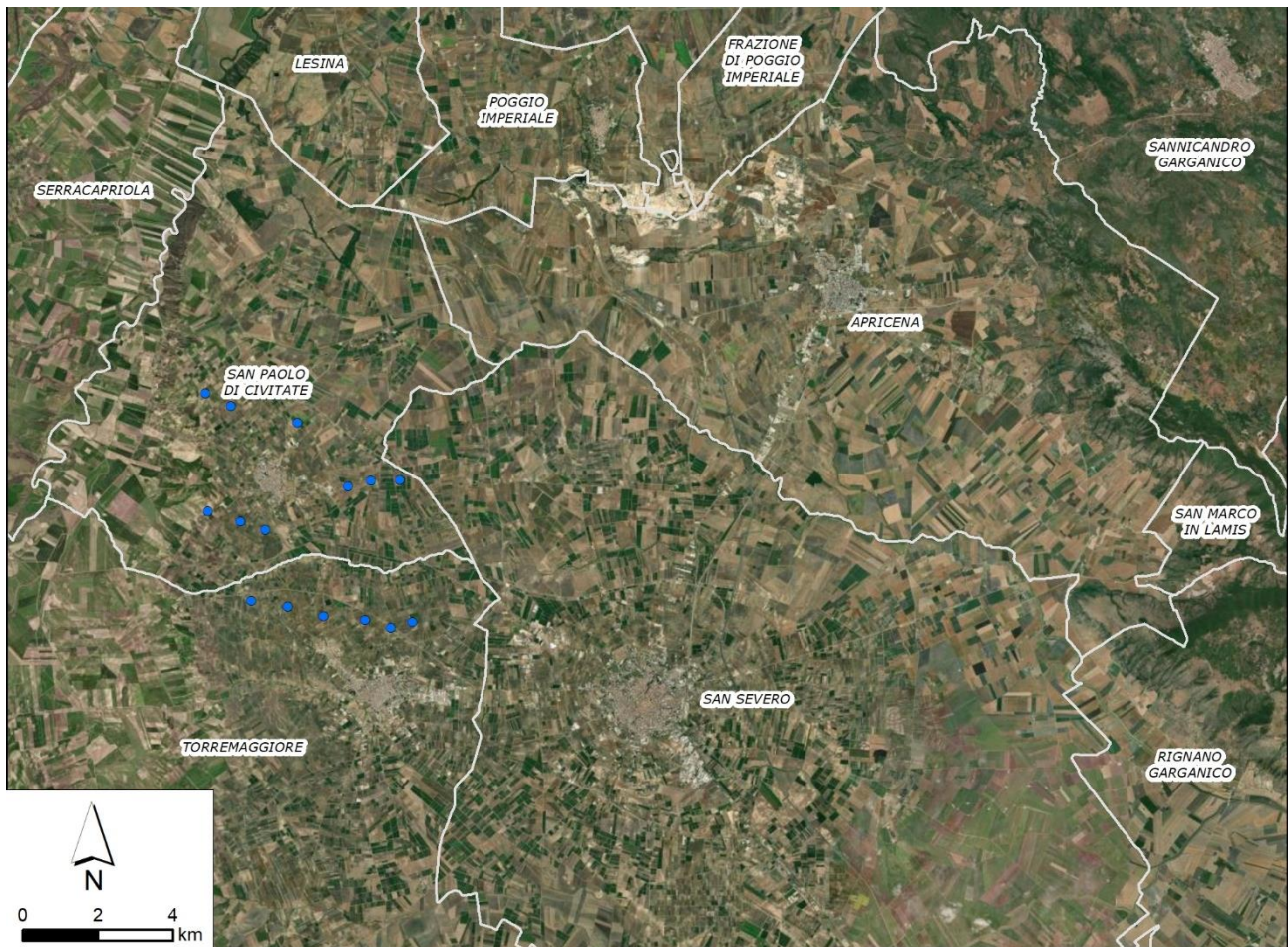
## ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

<b>Acronimi</b>	<b>Descrizione</b>
EHS	Ambiente, salute e sicurezza
Hz	Hertz
MW	megawatt
RPM	giri al minuto

## 1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato costituisce la relazione tecnica sullo studio dell'evoluzione dell'ombra (shadow flicker, di seguito shadow), redatta per il progetto di costruzione ed esercizio di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica costituito da 15 aerogeneratori, di potenza complessiva pari a 99 MW, localizzato nei Comuni di San Paolo di Civitate (FG) e di Torremaggiore (FG) (Figura 1.1).

FIGURA 1.1 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO



Fonte: ERM, 2023

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.

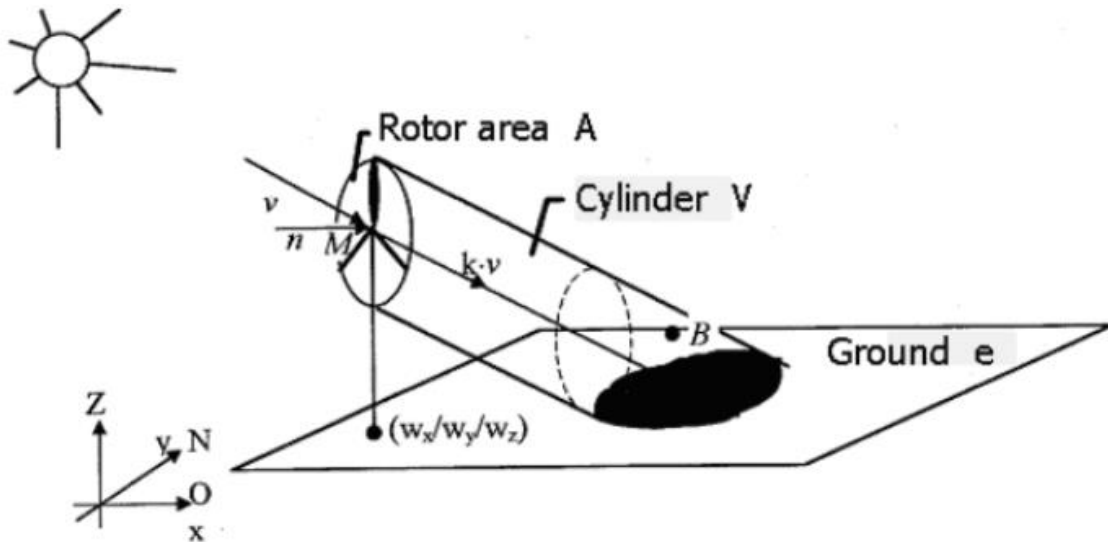
Per la valutazione del fenomeno dello shadow all'interno del presente studio è stato utilizzato un pacchetto software riconosciuto a livello internazionale, WindPro©, per modellare l'insorgenza dello shadow flickering e il potenziale impatto sulle abitazioni/recettori sensibili in prossimità del parco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

## 2. 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 un periodo 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 attraversa il rotore

---

<sup>(1)</sup> Per quanto riguarda gli effetti sulla salute e il disturbo dell'effetto shadow flicker, si ritiene che la frequenza del tremolio causato dalla rotazione della turbina eolica sia tale da non causare un rischio significativo per la salute", UK Shadow Flicker evidence base, Department of Energy & Climate Change, 2011

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 specifici 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).

### 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 sveglia, 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 STANDARD 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 lo 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 3.1 ALCUNI STANDARD NAZIONALI IN EUROPA**

Paese	Riferimento	Note rilevanti
Inghilterra	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) National Planning Policy Framework UK Government Department for Communities and Local Government	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
	(July 2013) Planning practice guidance for renewable and low carbon energy	
Irlanda del Nord	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.
Irlanda	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.
Germania	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.
Danimarca	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.
Olanda	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; e</li> <li>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 nel comune di Torremaggiore (FG) è costituito da 15 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno. La Figura 4.1 presenta il layout del progetto, mentre la Tabella 4.1 mostra le coordinate degli aerogeneratori e la Tabella 4.2 ne riporta le principali caratteristiche.

FIGURA 4.1 LAYOUT DI SITO



Fonte: ERM, 2023

TABELLA 4.1 COORDINATE DELLE TURBINE

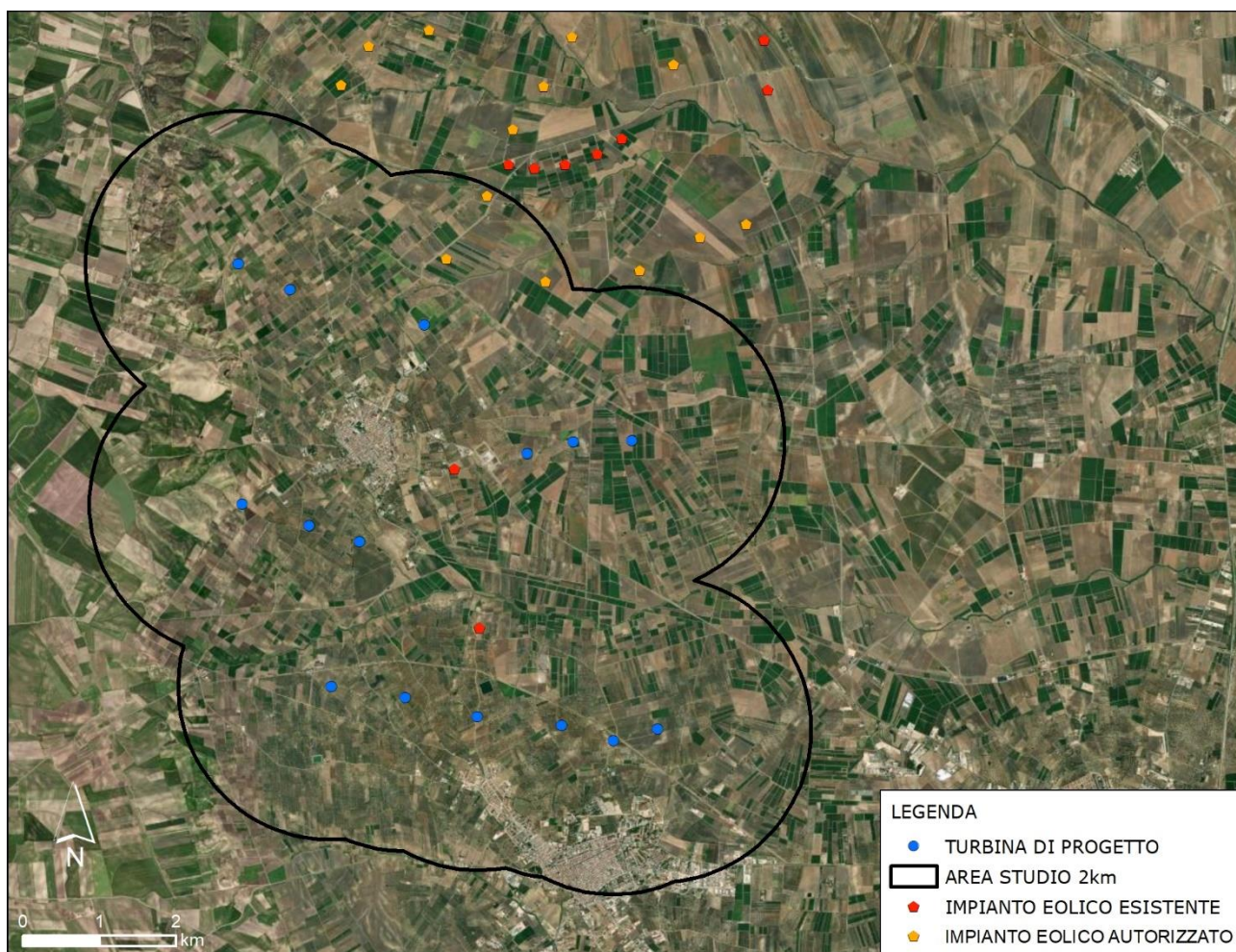
Codice turbina	X (WGS84 – UTM32N)	Y (WGS84 – UTM32N)
01	519992	4623191
02	520670	4622851
03	520045	4620053
04	521576	4619560
05	524373	4620866
06	521205	4617674
07	520915	4619774
08	525476	4617116
09	524892	4616962
10	522177	4617525
11	523119	4617278
12	524221	4617167
13	523764	4620715
14	525134	4620887
15	522420	4622399

TABELLA 4.2 SPECIFICA CARATTERISTICHE DEGLI AEROGENERATORI

Parametro aerogeneratore	Valore
Potenza nominale	6,6 MW
Numero pale	3
Altezza mozzo rotore	134 m
Diametro rotore	172 m

Oltre all'impianto proposto, nell'area circostante sono presenti anche altri impianti esistenti e autorizzati come mostrato in Figura 4.2. Nell'area di studio sono inoltre presenti due aerogeneratori di cui non sono state trovate le caratteristiche tecniche-costruttive ma che, dalle foto aeree risultano essere due mini-eolici.

FIGURA 4.2 IMPIANTI ESISTENTI E APPROVATI NELL'AREA



Fonte: ERM, 2023

## 4.2 PRESENZA DI RECETTORI SENSIBILI

Alcuni standard di riferimento adottati a livello internazionale (A.D. Clarke 1991) escludono la presenza di ombre tremolanti oltre una distanza pari a 10 volte la dimensione del rotore (in questo caso 1.720 m).

Questo approccio è stato criticato nel 2017, da ClimateXChange (centro scozzese di competenza che collega ricerca e politica sui cambiamenti climatici) e LUC (landuse.co.uk), che hanno suggerito alle linee guida scozzesi di non includere il riferimento a 10 volte il diametro del rotore.

Considerando la distribuzione dei recettori e le caratteristiche del paesaggio locale, per applicare un approccio più conservativo, si è ipotizzato di considerare un'area di studio di 2 km all'interno della quale mappare i recettori, oltre all'approccio più standard suggerito da A.D. Clarke.

Ai fini della previsione degli impatti indotti dagli aerogeneratori in progetto, all'interno dell'area di studio, sono stati individuati i recettori attraverso l'analisi delle immagini satellitari fornite dall'applicativo ESRI ArcGIS.

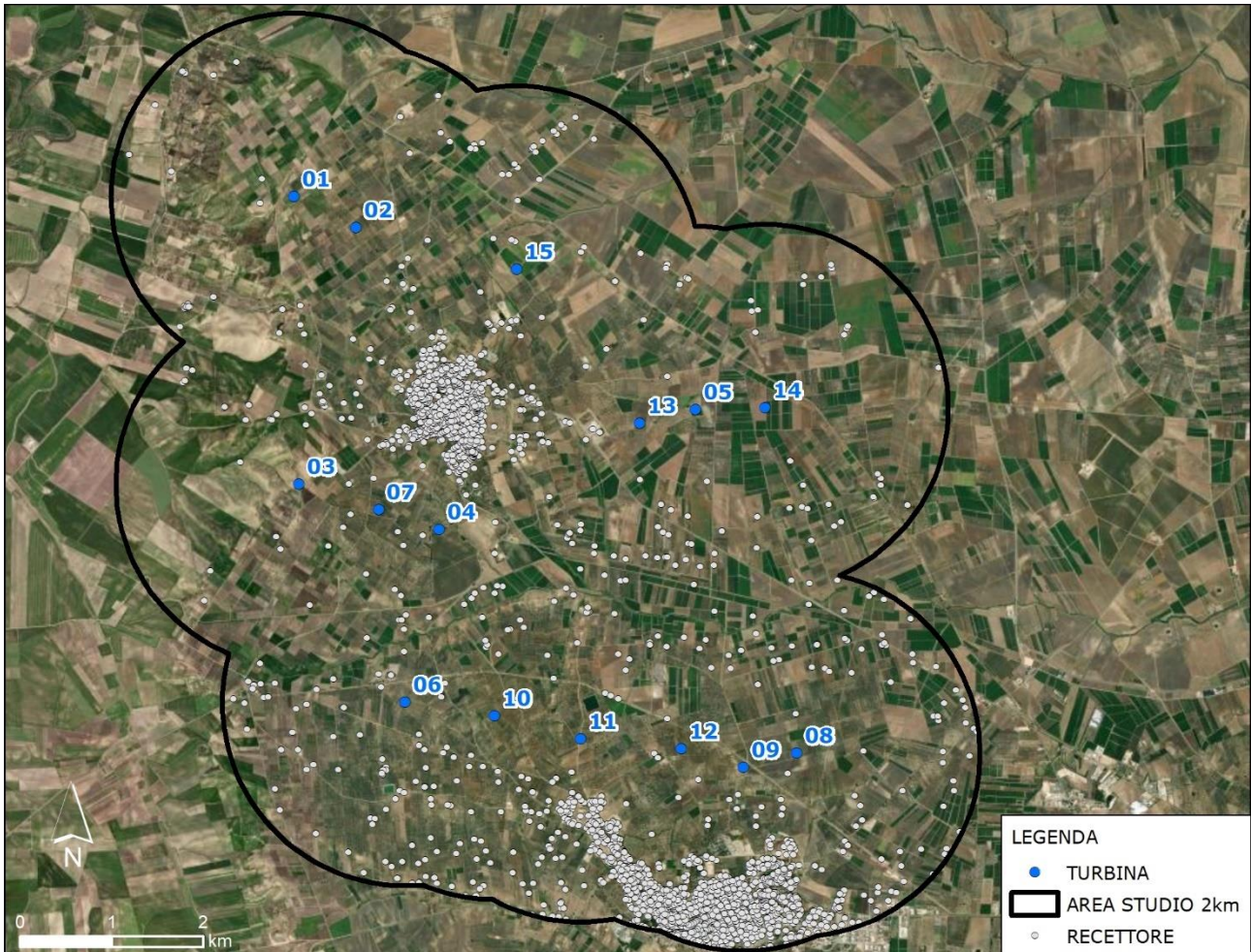
Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e potenzialmente fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre, sulla direttrice sole-aerogeneratore. Ai fini del presente studio sono stati considerati come recettori le



abitazioni residenziali, le attività commerciali (ad esempio supermercati e agriturismo) e le attività industriali.

La Figura 4.3 presenta i 2.373 recettori, o gruppi di recettori, individuati all'interno dell'area di studio.

**FIGURA 4.3 LOCALIZZAZIONE RECETTORI**



Fonte: ERM, 2023

## 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 4.0©, 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 Amendola distante 48 km) e delle statistiche del vento derivanti dai dati raccolti in seguito ad una campagna di acquisizione dati satellitari su un intervallo di circa sei anni, dall'1 Gennaio 2010 al 31 Marzo 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.

Sono stati predisposti i seguenti scenari:

- 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 le ore di funzionamento degli aerogeneratori è in funzione della direzione del vento

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 30 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 Amendola (Tabella 5.1);
- ore di funzionamento degli aerogeneratori in funzione della direzione del vento così come ottenuti dalle misurazioni fornite dalla campagna condotta dal Proponente;
- 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 5.1 ORE MEDIE SOLE – CENTRALINA METEO DI AMENDOLA (BANCA DATI WINDPRO 4.0)**

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4,12	4,66	5,30	6,72	8,25	9,35	10,16	9,45	7,64	5,82	4,65	3,82

**TABELLA 5.2 DATI DEL VENTO DERIVATI DALLE CAMPAGNE DI MISURAZIONE IN SITO**

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSO	OSO	O	ONO	NNO
985	358	99	45	45	1532	636	546	815	367	1344	1988

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 5.3 riporta una sintesi dei settaggi del modello.

TABELLA 5.3 SETTAGGI INPUT MODELLO

Voce	Settaggio Scenario peggiore	Settaggio Scenario reale
Localizzazione aerogeneratori	Vedi Figura 4.1	Vedi Figura 4.1
Diametro rotore e altezza mozzo rotore	172m / 134m	172m / 134m
Ore operative deli aerogeneratori	<b>Sempre operative</b>	<b>Sempre operative in funzione della direzione del vento</b>
Visibilità aerogeneratori/ finestre recettori	Modalità "green house"	Modalità "green house"
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 Amendola disponibile in WindPro</b>
Dati altimetrici	Dati topografici Nasadem disponibili in WindPro (cella 30m)	Dati topografici Nasadem disponibili in WindPro (cella 30m)
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.

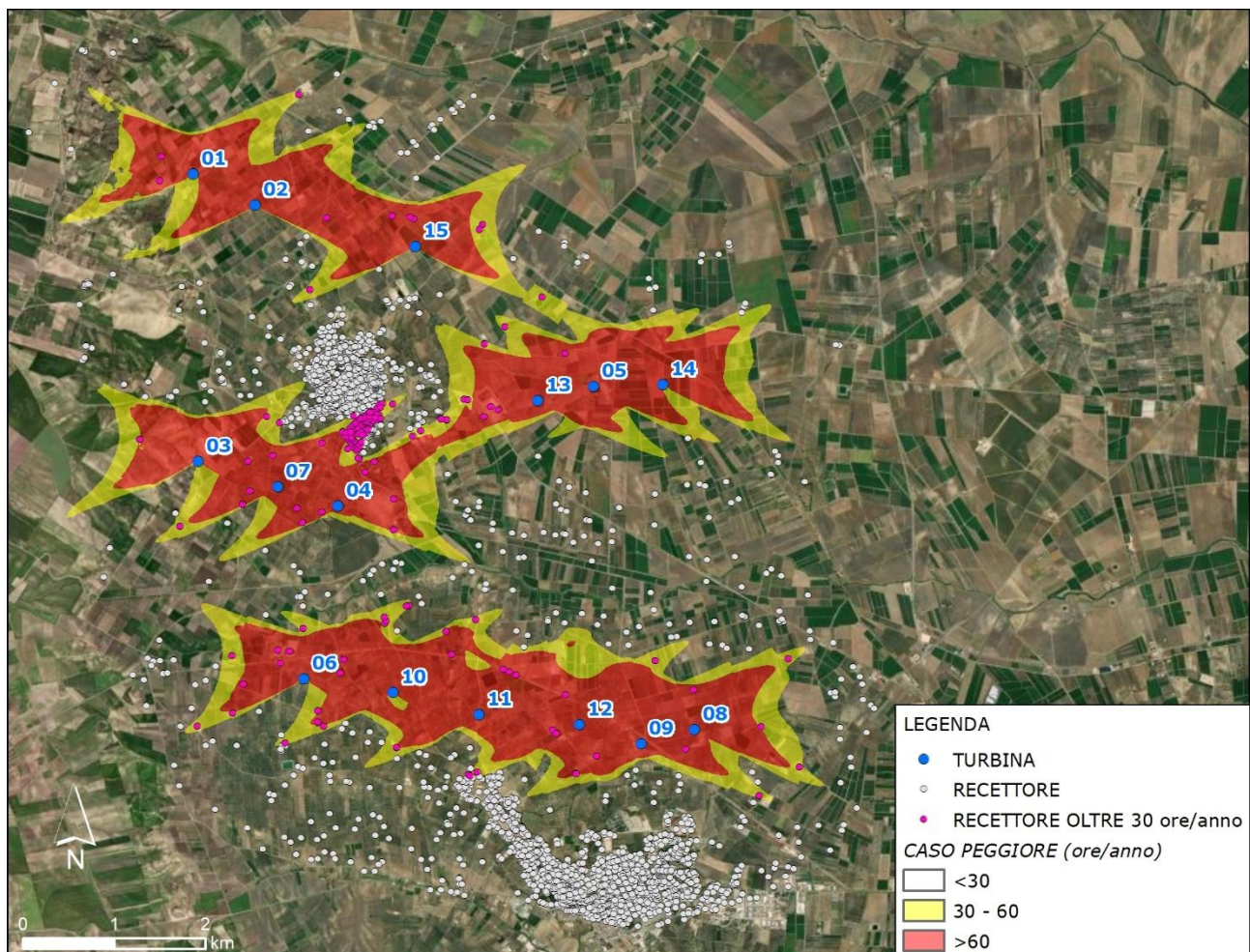
### 6.1 SCENARIO PEGGIORE (WORST CASE)

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).

#### 6.1.1 OPZIONE A – AEROGENERATORI IN PROGETTO

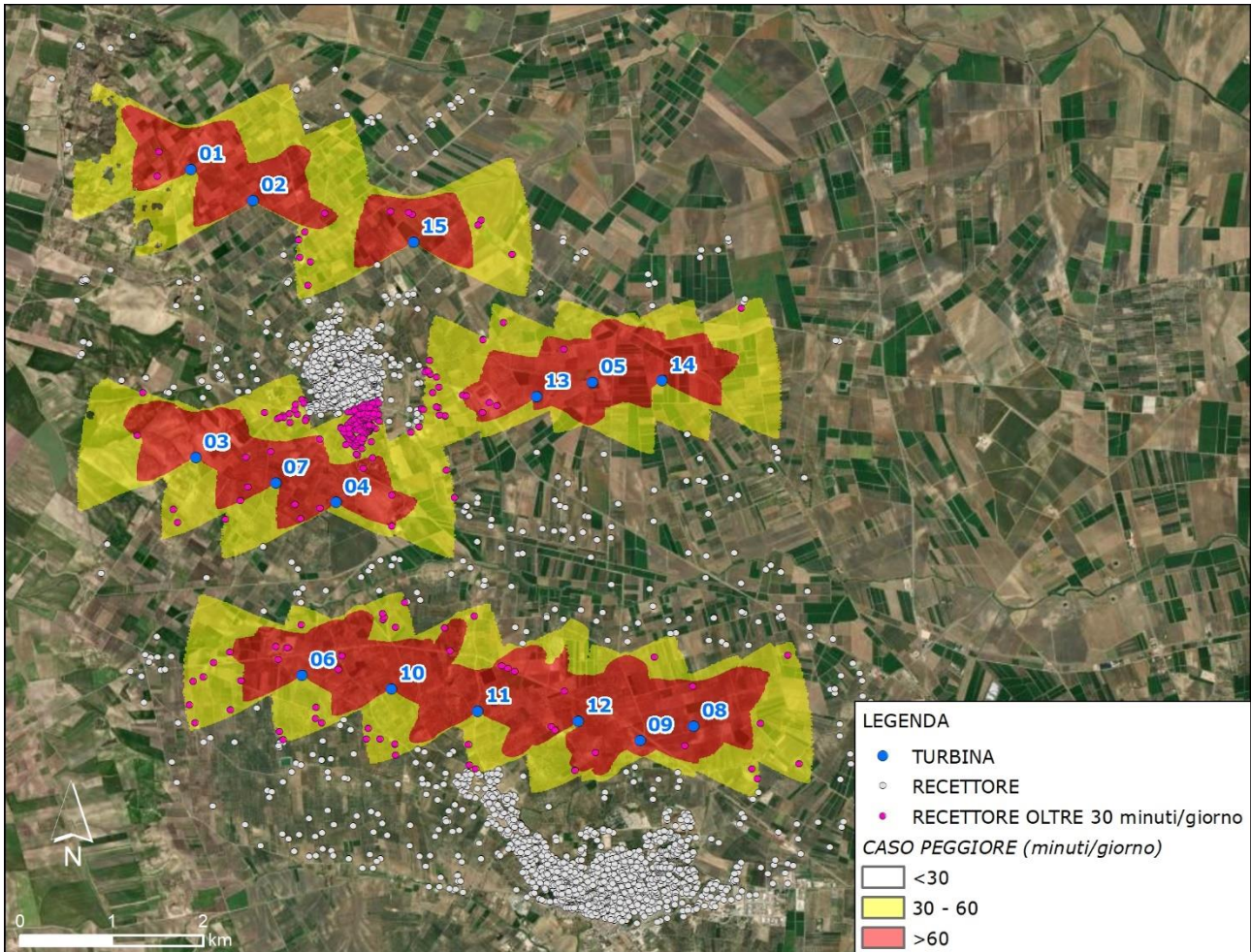
Le seguenti mappe presentano la distribuzione delle aree in cui lo shadow flickering è stato modellato in base allo scenario peggiore tenendo conto del solo progetto proposto. I recettori sottoposti al fenomeno per più di 30 ore all'anno sono evidenziati in Figura 6.1. I recettori sottoposti al fenomeno per più di 30 minuti al giorno sono evidenziati in Figura 6.2. 160 recettori o gruppi di recettori su 2.373 superano entrambi i parametri: ore/anno e minuti/giorno.

FIGURA 6.1 CASO PEGGIORE SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO



Fonte: ERM 2023

FIGURA 6.2 CASO PEGGIORE SHADOW FLICKER (MINUTI/GIORNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO

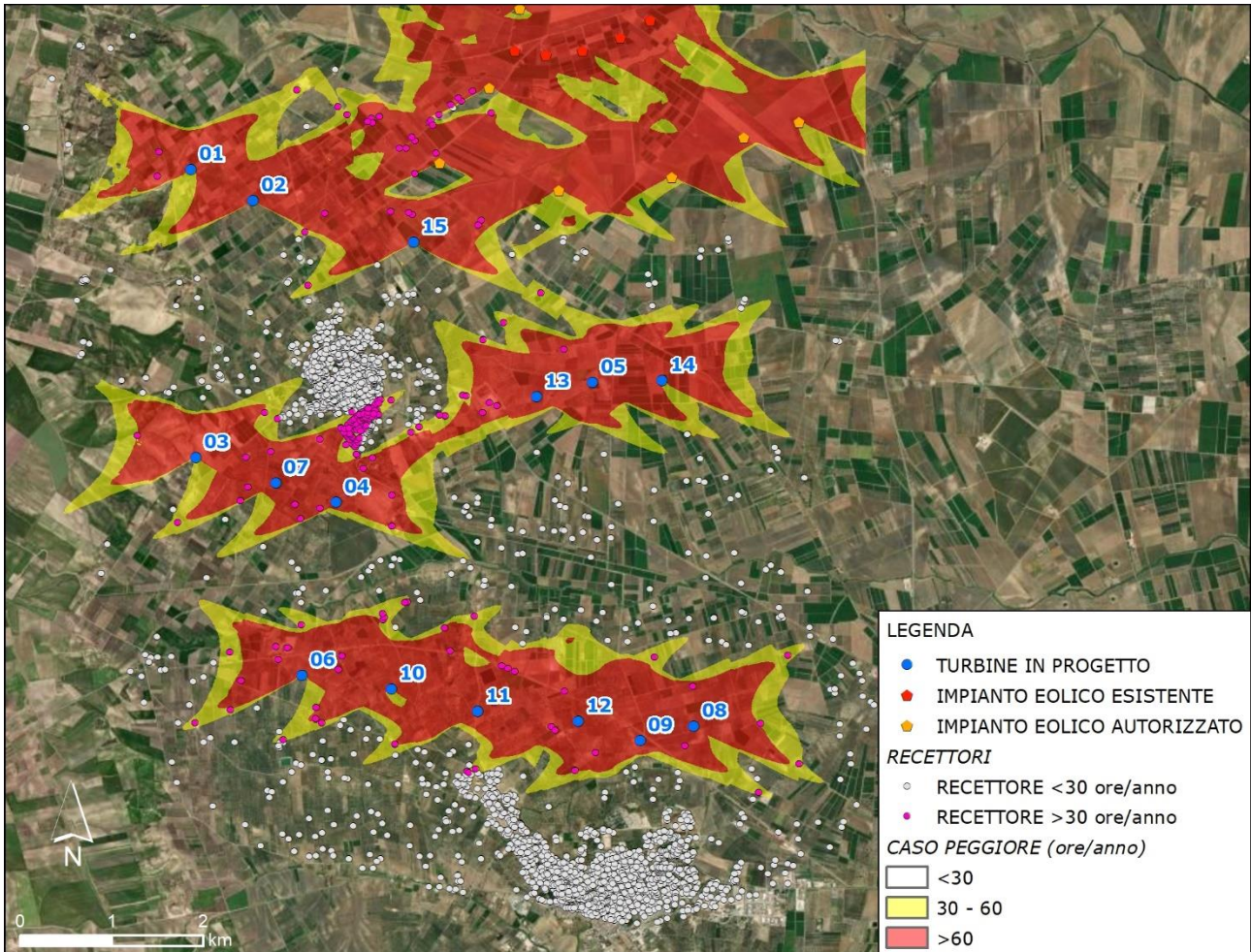


Fonte: ERM, 2023

### 6.1.2 OPZIONE B – TUTTI GLI AEROGENERATORI

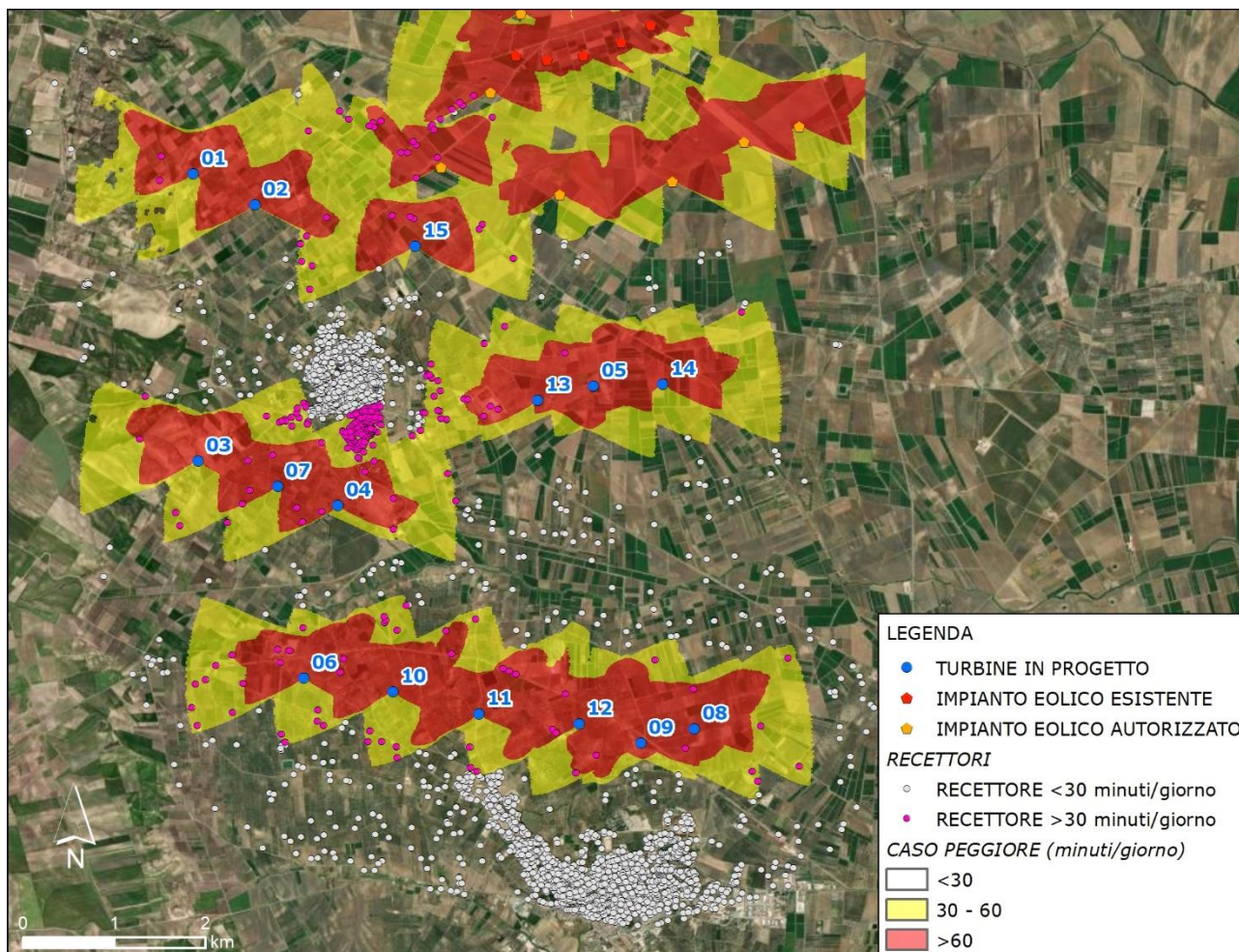
Le seguenti mappe presentano la distribuzione delle aree in cui lo shadow flickering è stato modellato in base allo scenario peggiore tenendo conto anche dei progetti esistenti/autorizzati oltre al progetto proposto. I recettori sottoposti al fenomeno per più di 30 ore all'anno sono evidenziati nella Figura 6.3. I recettori sottoposti al fenomeno per più di 30 minuti al giorno sono evidenziati nella Figura 6.4. 182 recettori o gruppi di recettori su 2.373 superano entrambi i parametri: ore/anno e minuti/giorno.

FIGURA 6.3 CASO PEGGIORE SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) - TUTTI GLI AEROGENERATORI



Fonte: ERM 2023

FIGURA 6.4 CASO PEGGIORE SHADOW FLICKER (MINUTI/GIORNO) - TUTTI GLI AEROGENERATORI



Fonte: ERM, 2023

## 6.2 SCENARIO REALE (REAL CASE BY STATISTICS)

In seguito ai risultati dello scenario peggiore presentato nella sezione precedente, è stato calcolato un secondo scenario per valutare l'effetto generato dall'inclusione di condizioni più locali come presentato nel Paragrafo 5.2 (le ore medie di sole giornaliere e la direzione del vento) sui 177 recettori che superano i riferimenti IFC.

Come indicato nel Paragrafo 3.1, non esistono indicazioni nazionali sugli standard da seguire per il caso reale e abbiamo deciso di prendere in considerazione quelli più conservativi che pongono i limiti annuali a 8 ore.

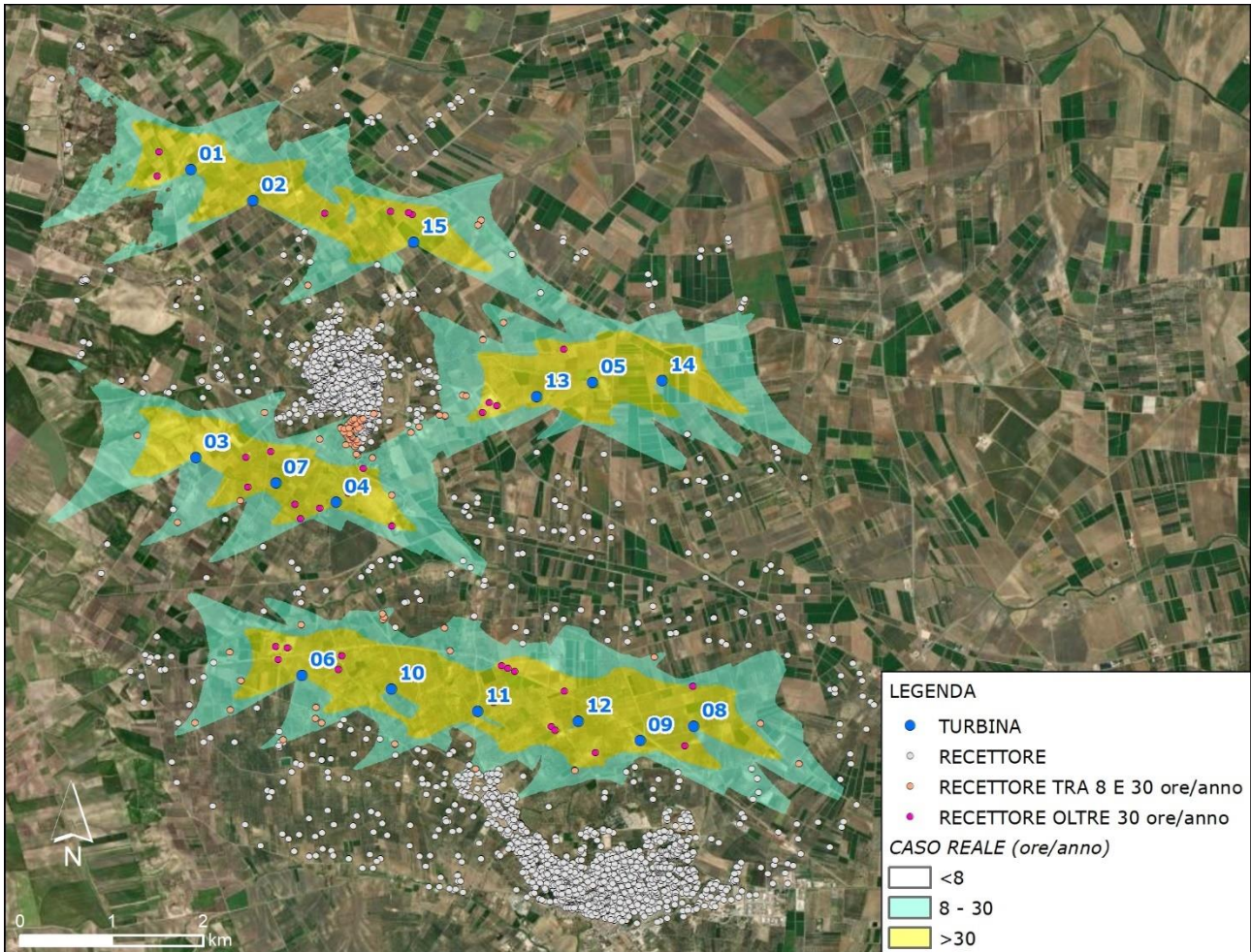
### 6.2.1 OPZIONE A – AEROGENERATORI IN PROGETTO

La seguente Figura 6.5 presenta la distribuzione delle aree in cui lo shadow flickering è stato modellato in base allo scenario peggiore tenendo conto del solo progetto proposto. Sulla base del limite annuale di 8 ore, lo scenario reale porta a un potenziale di 119 recettori impattati dei 160 risultanti dal caso peggiore:

- 85 recettori impattati tra 8 e 30 ore all'anno;
- 34 recettori impattati oltre le 30 ore all'anno.



FIGURA 6.5 CASO REALE SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – AEROGENERATORI IN PROGETTO



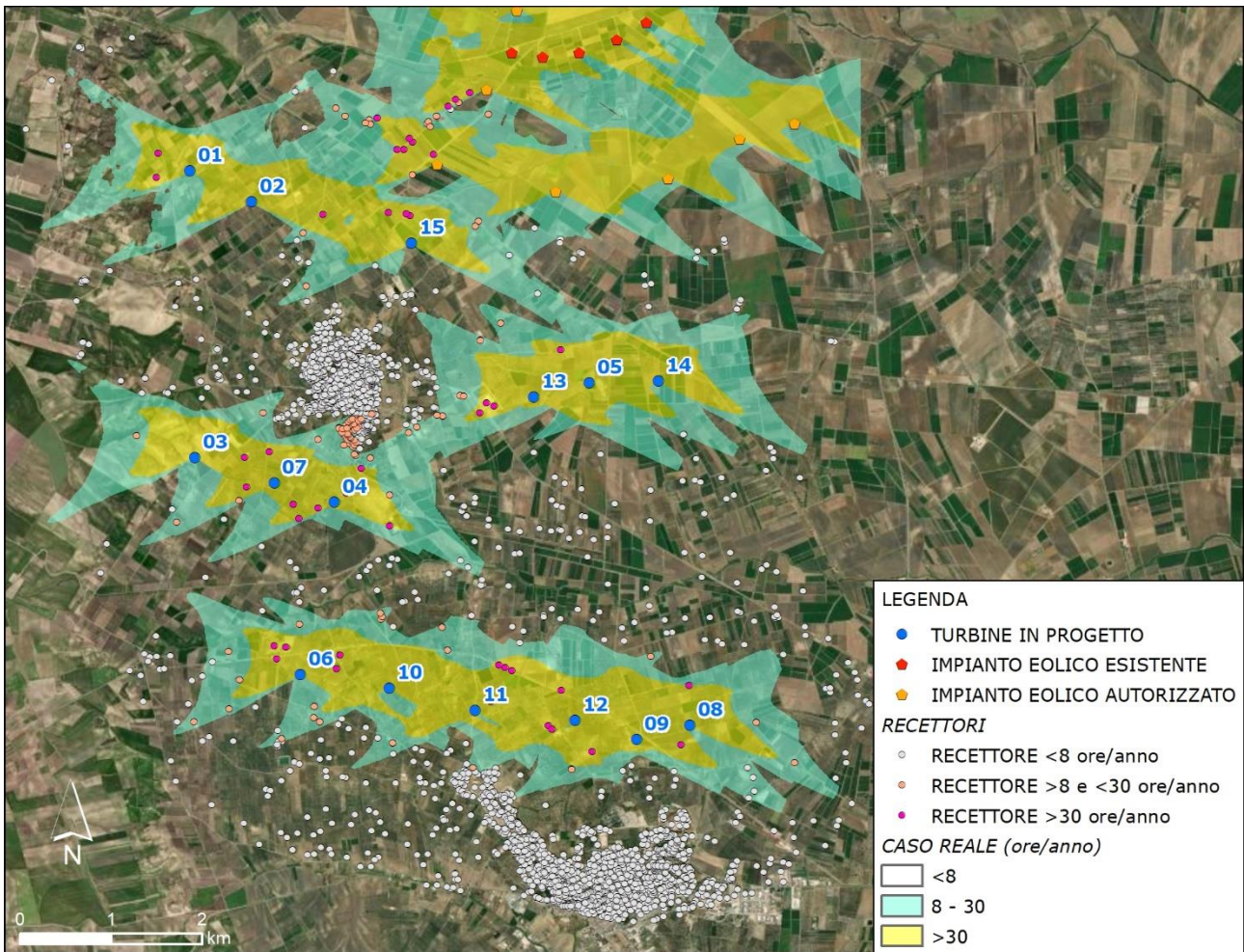
Fonte: ERM, 2023

### 6.2.2 OPZIONE B – TUTTI GLI AEROGENERATORI

La seguente Figura 6.6 presenta la distribuzione delle aree in cui lo shadow flickering è stato modellato in base allo scenario reale tenendo conto anche dei progetti esistenti/autorizzati oltre al progetto proposto. Sulla base del limite annuale di 8 ore, lo scenario reale porta a un potenziale di 141 recettori impattati dei 182 risultanti dal caso peggiore:

- 98 recettori impattati tra 8 e 30 ore all'anno;
- 43 recettori impattati oltre le 30 ore all'anno.

FIGURA 6.6 CASO REALE SHADOW FLICKER (ORE/ANNO) – TUTTI GLI AEROGENERATORI



Fonte: ERM, 2023

### 6.3 ANALISI RISULTATI

#### 6.3.1 OPZIONE A – AEROGENERATORI IN PROGETTO

Dall’analisi dei risultati emerge come con l’inserimento di alcune condizioni locali (ore medie di sole giornaliere e tempo di funzionamento per ogni settore del parco eolico) il potenziale verificarsi del tremolio delle ombre si riduce (Tabella 6.1):

- nello scenario peggiore 160 recettori su 2.373 presentano valori al di sopra dei livelli di orientamento internazionale di 30 ore/anno e di 30 minuti/giorno;
- nello scenario reale con riferimento al limite più conservativo tedesco (8 ore/anno) si riscontrano possibili valori superiori per 119 ricettori dei 160 del caso peggiore;
- la massima ombra astronomica possibile passa da 638:43:00 ore/anno nel caso peggiore (recettore 1552) a 171:21:00 ore/anno nel caso reale (recettore 1552).

**TABELLA 6.1 COMPARAZIONE ORE/ANNO CASO PEGGIORE CON CASO REALE**

<b>Caso peggiore - classi</b>	<b>Caso peggiore – recettori impattati</b>	<b>Caso reale - classi</b>	<b>Caso reale – recettori impattati</b>
Oltre 50 ore/anno	74	Oltre 50 ore/anno	25
>40 e <50 ore/anno	33	>40 e <50 ore/anno	5
>30 e <40 ore/anno	53	>30 e <40 ore/anno	4
-	-	>8 e <30 ore/anno	85
-	-	<8 ore/anno	41
Somma	160	Somma	160

Source: ERM 2023

Come menzionato in precedenza, anche il caso reale è ancora influenzato da risultati conservativi; va notato che i calcoli eseguiti non tengono conto:

- della posizione e dell'orientamento effettivi delle finestre;
- degli effetti di schermatura associati alle condizioni specifiche del sito e agli ostacoli esistenti, come altri edifici o vegetazione, che portano a sovrastimare la durata delle occorrenze in cui lo shadow flicker potrebbe essere sperimentato in un luogo specifico;
- della velocità del vento in quanto (% di calme di vento oppure venti molto forti che impediscono un corretto funzionamento delle turbine).

Sulla base dei risultati della modellazione del caso peggiore e del caso reale, sono state effettuate considerazioni più specifiche sui recettori potenzialmente interessati dal fenomeno, al fine di ridurre il numero di quelli impattati.

### 6.3.1.1 BARRIERE

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 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.

Una analisi di dettaglio è stata eseguita nella zona sud di San Paolo di Civitate, dove sono presenti 86 recettori potenzialmente impattati (Figura 6.7). La zona è residenziale ed è costituita da palazzine a uno o più piani vicine tra loro (esempio in Figura 6.8).

FIGURA 6.7 RECETTORI ZONA SUD DI SAN PAOLO DI CIVITATE



Fonte: ERM, 2023

FIGURA 6.8 ESEMPIO DI RECETTORI NELLA ZONA

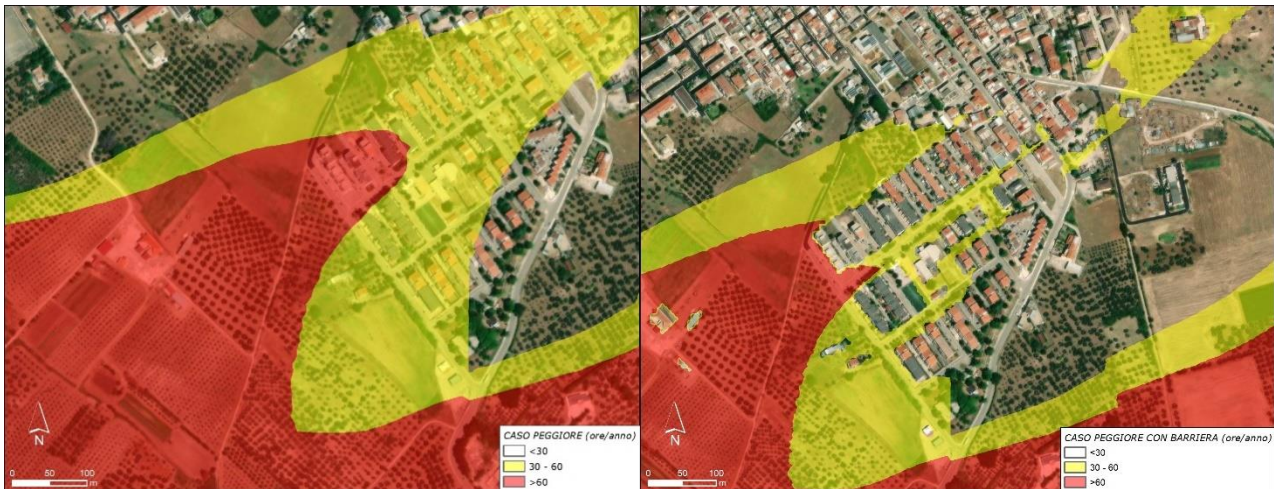


Fonte: ERM, 2023

Per entrambi gli scenari (caso peggiore e caso reale) è stata effettuata una modellazione con l’inserimento di ostacoli costituiti dagli edifici esistenti (le altezze sono state stimate tramite analisi desktop).

Le barriere inserite hanno permesso di stimare la riduzione dell'esposizione al fenomeno dell'ombreggiamento intermittente per i recettori nascosti dagli edifici adiacenti e di poter escludere gli stessi dalla lista di quelli impattati. Le seguenti figure mostrano i risultati del modello senza barriere (immagine a sinistra) e con barriere (immagine a destra) e la riduzione dell'impronta in mappa del fenomeno.

**FIGURA 6.9 CASO PEGGIORE - RIDUZIONE CON SCHERMATURA (A DESTRA)**



Fonte: ERM, 2023

**FIGURA 6.10 CASO REALE - RIDUZIONE CON SCHERMATURA (A DESTRA)**



Fonte: ERM, 2023

Con l'inserimento nel modello di ostacoli costituiti dagli edifici esistenti, la lista dei recettori impattati nella zona sud di San Paolo di Civitate si riduce da 86 a 19.

### 6.3.1.2 DESTINAZIONE USO

Sulla base dei primi esiti della indagine fotografica effettuata in sito e della valutazione delle immagini aeree, utili per comprendere la configurazione del territorio in cui si collocano i recettori sensibili e le caratteristiche stesse degli edifici, alcuni dei recettori individuati non sono destinati ad uso residenziale.

Nelle figure seguenti si riportano alcuni esempi.

**FIGURA 6.11 RECETTORI 82-91-190 (DESTINAZIONE INDUSTRIALE)**



Fonte: ERM, 2023

FIGURA 6.12 RECETTORE 500 (DESTINAZIONE INDUSTRIALE)



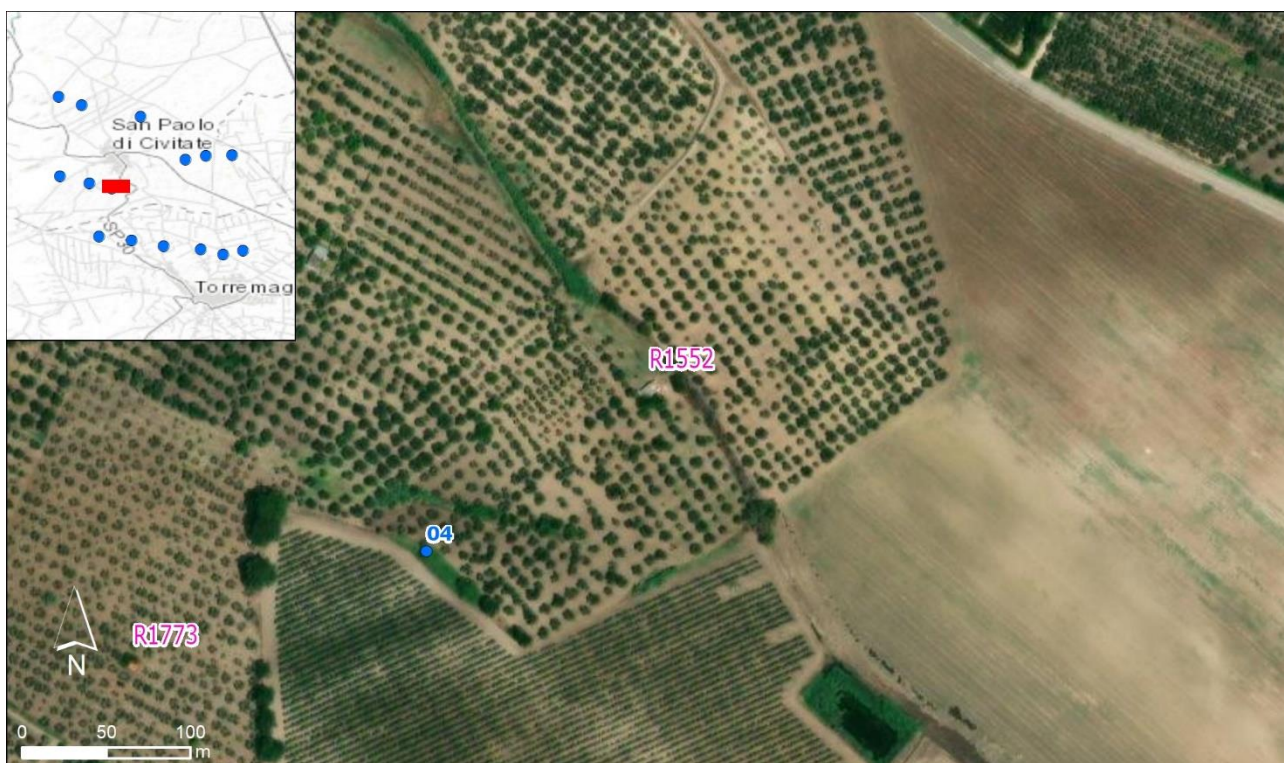
Fonte: ERM, 2023

FIGURA 6.13 RECETTORI 1114-1228-1314-1497-1585-1751-1771 (DESTINAZIONE INDUSTRIALE)



Fonte: ERM, 2023

FIGURA 6.14 RECETTORE 1552 (DESTINAZIONE AGRICOLA)



Fonte: ERM, 2023

FIGURA 6.15 RECETTORE 1620 (CHIESA)



Fonte: ERM, 2023



### 6.3.2 OPZIONE B – TUTTI GLI AEROGENERATORI

Dall’analisi dei risultati dell’opzione B emerge che la presenza di altri aerogeneratori aumenta il numero di potenziali recettori impattati di 22 unità (Tabella 6.2).

Bisogna tuttavia considerare che il progetto oggetto del presente studio non contribuisce al superamento dei limiti per 13 dei 22 potenziali recettori impattati, sia nel caso peggiore che nel caso reale, e contribuisce in minima parte con effetto cumulato su altri recettori come ad esempio il numero 1519 (Tabella 6.3).

TABELLA 6.2 DIFFERENZA NUMERO RECETTORI IMPATTATI PER OPZIONE A E OPZIONE B

	Caso peggiore – impianto in progetto	Caso peggiore – tutti gli impianti	Caso reale – impianto in progetto	Caso reale – tutti gli impianti
Recettori impattati	160	182	119	141

Source: ERM 2023

TABELLA 6.3 DIFFERENZA NUMERO RECETTORI IMPATTATI PER OPZIONE A E OPZIONE B

No.	WC_HY	WC_HD	RC_HY	WC_HY	WC_HD	RC_HY
R1068	17:55	00:28	03:10	44:40	00:32	12:15
R1082	00:00	00:00	00:00	56:43	00:59	18:23
R1172	00:00	00:00	00:00	50:50	00:44	16:41
R1258	26:32	00:27	05:22	82:04	01:05	24:23
R1273	00:00	00:00	00:00	262:31	02:48	93:26
R1296	00:00	00:00	00:00	54:15	01:17	17:19
R1304	00:00	00:00	00:00	169:42	01:46	61:00
R1387	19:57	00:27	04:12	72:12	01:04	22:19
R1401	19:23	00:25	04:02	98:24	01:09	30:58
R1404	25:31	00:28	05:12	71:23	00:57	20:58
R1475	00:00	00:00	00:00	62:20	01:14	20:22
R1496	00:00	00:00	00:00	153:46	01:57	50:16
R1501	09:59	00:23	02:25	32:20	00:32	10:08
R1508	20:24	00:33	07:28	38:06	00:35	13:10
R1519	09:06	00:23	02:16	120:28	01:50	43:33
R1555	00:00	00:00	00:00	428:52	02:53	180:12
R1596	00:00	00:00	00:00	78:45	01:15	25:11
R1655	00:00	00:00	00:00	158:53	01:32	56:03
R1675	00:00	00:00	00:00	60:16	00:47	10:53

No.	WC_HY	WC_HD	RC_HY	WC_HY	WC_HD	RC_HY
R1683	00:00	00:00	00:00	103:23	01:29	33:57
R1755	09:56	00:24	02:28	95:44	01:32	33:34
R1767	00:00	00:00	00:00	40:25	00:48	13:28

Source: ERM 2023

## 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.

La valutazione, effettuata attraverso il Modulo Shadow del Programma WindPro 4.0, è stata svolta attraverso la predisposizione di due scenari denominati **Scenario Peggior**e (Worst Case e **Scenario Reale** (Real Case), maggiormente rappresentativo delle condizioni locali meteo e di ventosità.

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 altri progetti nell'area di interesse effettuando simulazioni che tenessero conto anche dei possibili effetti cumulati derivanti dalla presenza di impianti esistenti e autorizzati.

In seguito all'analisi di dettaglio dei risultati del modello nel Paragrafo 6.3.1 è emerso che molti dei recettori che risultano affetti dal fenomeno possono essere esclusi dalla lista dei possibili impattati in quanto, ad esempio:

- schermati dall'edificio vicino o dalla vegetazione;
- appartenenti ad una destinazione d'uso non residenziale.

Inoltre, quasi tutti i recettori che possono essere esclusi dalla lista di quelli impattati risultano essere quelli con i valori più alti di shadow flicker (ad esempio i recettori 1552 – 190). È quindi ragionevole aspettarsi una considerevole riduzione del numero dei recettori impattati e della massima ombra astronomica possibile.

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

Tuttavia alla luce di quanto descritto, al fine di minimizzare gli impatti sui 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;
- **Controllo:** impiego di strategie di controllo delle turbine che ne interrompono il funzionamento quando è probabile che si verifichi lo shadow flicker.

## 8. REFERENCES

- 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
- 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
- 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
- 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

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]



APPENDIX A

RISULTATI DEL MODELLO OPZIONE A –  
AEROGENERATORI IN PROGETTO



APPENDIX B

RISULTATI DEL MODELLO OPZIONE B –  
TUTTI GLI AEROGENERATORI





# ERM

ERM HAS OVER 160 OFFICES ACROSS THE FOLLOWING COUNTRIES AND TERRITORIES WORLDWIDE

Argentina	The Netherlands
Australia	New Zealand
Belgium	Peru
Brazil	Poland
Canada	Portugal
China	Puerto Rico
Colombia	Romania
France	Senegal
Germany	Singapore
Ghana	South Africa
Guyana	South Korea
Hong Kong	Spain
India	Switzerland
Indonesia	Taiwan
Ireland	Tanzania
Italy	Thailand
Japan	UAE
Kazakhstan	UK
Kenya	US
Malaysia	Vietnam
Mexico	
Mozambique	

**ERM's [Office name]**

Add address 1

Add address 2

Add address 3

State, Zip/Post code

T: Add phone number

F: Add fax number

**[www.erm.com](http://www.erm.com)**