



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI TRAPANI
PROVINCIA DI AGRIGENTO

COMUNE DI CASTELVETRANO
COMUNE DI MENFI, SAMBUCA DI SICILIA E SCIACCA

OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 5 AEROGENERATORI DA 6,6 MW CIASCUNO PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 33 MW SITO NEL COMUNE DI CASTELVETRANO (TP) IN LOCALITÀ C.DA CASE NUOVE E DA UN SISTEMA DI ACCUMULO ELETTROCHIMICO DA 18 MW SITO NEL COMUNE DI MENFI (AG) IN LOCALITÀ C.DA GENOVESE E OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI CASTELVETRANO (TP) MENFI, SAMBUCA DI SICILIA E SCIACCA (AG).

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione e coordinamento di Statkraft AS
Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968
Via Caradosso 9
20123 Milano

TITOLO

RELAZIONE SULLO SHADOW FLICKERING

PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

Collaboratori

Ing. Giocchino Ruisi	Ing. Francesco Lipari	Dott. Valeria Croce
Ing. Giuseppina Brucato	Dott. Haritiana Ratsimba	Dott. Irene Romano
Arch. Eugenio Azzarello	Dott. Agr. e For. Michele Virzi	Barbara Gorgone
All. Arch. Flavia Termini	Dott. Martina Affronti	

CODICE ELABORATO

SK_R_19_A_D

SCALA

n°.Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

Rif. PROGETTO

N. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
 Società soggetta ad attività di direzione
 e coordinamento di Statkraft AS
 Partita IVA 12417100968
 Gruppo IVA 11412940964
 C.F. 12417100968
 Via Caradosso 9
 20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Sommario

1 Premessa2

 1.1 Il soggetto proponente2

 1.2 Finalità e contenuti della relazione sullo *Shadow Flickering*2

2 Inquadramento territoriale dell'intervento3

3 Fenomenologia dello *Shadow Flickering*5

4 Normativa di riferimento8

5 Individuazione dei recettori 10

6 Software utilizzato e modello di calcolo 11

7 Risultati 14

8 Conclusioni 18

CARTE DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL FENOMENO 19

APPENDICE A - Risultati delle elaborazioni 21



SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS
Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968
Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

1 Premessa

Il presente documento descrive l'elaborazione ed i risultati della valutazione del fenomeno dello *shadow flickering*, parte integrante del Progetto Definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, da realizzarsi in Contrada Case Nuove, nel territorio del Comune di Castelvetro (TP). L'impianto di produzione pari a 33 MW sarà costituito da 5 aerogeneratori Siemens Gamesa 6.6-170, caratterizzati da un diametro fino a 175,0 m, una superficie spazzata fino a 24,052 m², un numero di pale pari a 3 e un'altezza al mozzo fino a 145 m. L'impianto, la stazione BESS di 18 MW e le relative opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale, interessa i comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

1.1 Il soggetto proponente

Il parco eolico sarà realizzato grazie alla collaborazione fra aziende che vantano una ormai decennale esperienza nel settore impiantistico e che possiedono, al loro interno, professionalità di caratura internazionale nel campo della realizzazione e della gestione di impianti di produzione di energia eolica.

L'azienda realizzatrice dell'impianto è la **Statkraft**, società internazionale leader nella generazione idroelettrica e primo produttore europeo di energia da fonti rinnovabili. Il Gruppo produce energia idroelettrica, eolica, solare, da gas e fornisce teleriscaldamento.

Statkraft è un'azienda globale nella gestione dei mercati elettrici e conta 5300 dipendenti in 21 paesi tra cui l'Italia.

1.2 Finalità e contenuti della relazione sullo *Shadow Flickering*

La presente relazione ha l'obiettivo di illustrare il fenomeno dello "*shadow flickering*" e di valutarne il suo effetto nell'area circostante l'impianto eolico in progetto.

- Il capitolo 2 definisce l'inquadramento territoriale e geografico dell'impianto in oggetto;
- Il capitolo 3 descrive la fenomenologia dello "*shadow flickering*" causato dalla rotazione delle pale degli aerogeneratori;

**Statkraft**SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft ASPartita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Pagina | 3

- Il capitolo 4 definisce il quadro normativo di riferimento legato allo “*shadow flickering*”;
- Il capitolo 5 mette in chiaro i recettori sensibili individuati nell’area di indagine;
- Il capitolo 6 descrive i software e la metodologia utilizzati per la valutazione dello “*shadow flickering*” con conseguente impatto sui ricettori individuati;
- Il capitolo 7 mostra i risultati ottenuti e la successiva valutazione dell’effetto dello “*shadow flickering*” nei confronti dei ricettori individuati;
- Il capitolo 8 rappresenta la parte conclusiva del presente elaborato;
- CARTE DI DISTRIBUZIONE DEL FENOMENO;
- APPENDICE A - Risultati delle elaborazioni, report del programma di calcolo utilizzato.

2 Inquadramento territoriale dell’intervento

L’area di impianto è situata nel comune di Castelvetrano (Libero Consorzio di Comuni di Trapani) in Contrada Case Nuove, in un’area a sud-est del centro abitato del detto comune. La stazione di trasformazione SSE e quella di Accumulo BESS si localizzano nel territorio comunale di Menfi mentre la stazione di connessione alla rete elettrica nazionale è ubicata nel comune di Sciacca entrambi nel libero consorzio comunale di Agrigento.

Il comune di Castelvetrano confina con i comuni di Partanna, Santa Ninfa, Salemi, Marsala e Petrosino, tutti ricadenti in provincia di Trapani, e Menfi e Montevago, in provincia di Agrigento.

Nell’intorno più prossimo all’impianto si trovano il centro abitato di Castelvetrano, la cui estremità Sud-Est dista circa 7,2 km dalla turbina più vicina ed il centro abitato di Menfi la cui estremità Ovest dista circa 5 km dalla turbina più vicina. Il sito è facilmente raggiungibile dall’autostrada A29 Palermo - Mazara del Vallo, uscendo allo svincolo di Castelvetrano, imboccando via Caduti Nassirya, la SS115, successivamente procedendo la Strada Provinciale 48 si avrà accesso alla viabilità d’impianto composta dalla rete di strade provinciali e interpoderali che serve i fondi interessati dal parco eolico.

Le turbine ricadono nel Foglio 618150 della Carta Tecnica Regionale (Scala 1:10000), mentre il cavidotto, la Stazione di trasformazione ed accumulo interessano anche il Foglio 618160, la stazione di connessione alla RTN interessa invece il Foglio 619130. Con riferimento alla cartografia IGM in



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS
Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968
Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

scala 1:25000, l'intero impianto di produzione si situa all'interno del Quadrante 265-I-NE mentre la stazione di trasformazione ed accumulo BESS e quella di connessione ricadono nel Quadrante 266-IV-NO.

La copertura vegetale dell'area di intervento è caratterizzata principalmente dall'uso agricolo, che va dal seminativo, al vigneto e uliveto. L'area d'interesse è caratterizzata da una morfologia collinare e da pendenze relativamente modeste; la quota altimetrica media dei siti interessati è compresa tra 24 m s.l.m. (in corrispondenza della WTG06) e 169 m s.l.m. (in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG01) e la ventosità a 100 metri di altezza, come riportato dall'AEOLIAN (AtlanteEOLicoItaliANO), è compresa tra 6 m/s e 7 m/s.

Si riportano di seguito il punto mediano d'impianto e le coordinate in formato WGS84, con i fogli e le particelle in cui ricade la fondazione degli aerogeneratori:

Punto mediano d'impianto	
WGS84 - FUSO33	
N	37°37'50.99"
E	12°54'20.31"

Tabella 1 - punto mediano d'impianto

Modello	Identificativo	Coordinate WGS84		Identificativo Catastale			Quote m S.L.M.
				Comune	Foglio	Particella	
		Latitudine	Longitudine				
SG 6.6-170	WTG01	37°38'31.97"	12°54'45.84"	Castelvetro (TP)	119	109	169
SG 6.6-170	WTG02	37°38'17.59"	12°54'33.88"	Castelvetro (TP)	119	71	148
SG 6.6-170	WTG03	37°38'1.75"	12°54'24.53"	Castelvetro (TP)	131	158	135
SG 6.6-170	WTG04	37°36'49.66"	12°54'9.25"	Castelvetro (TP)	132	49	99
SG 6.6-170	WTG05	37°38'15.65"	12°53'52.69"	Castelvetro (TP)	119	540	124

Tabella 2 - Inquadramento geografico-catastale del Parco eolico



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS
Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968
Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Di seguito si riporta uno schema di inquadramento territoriale dell'intervento.

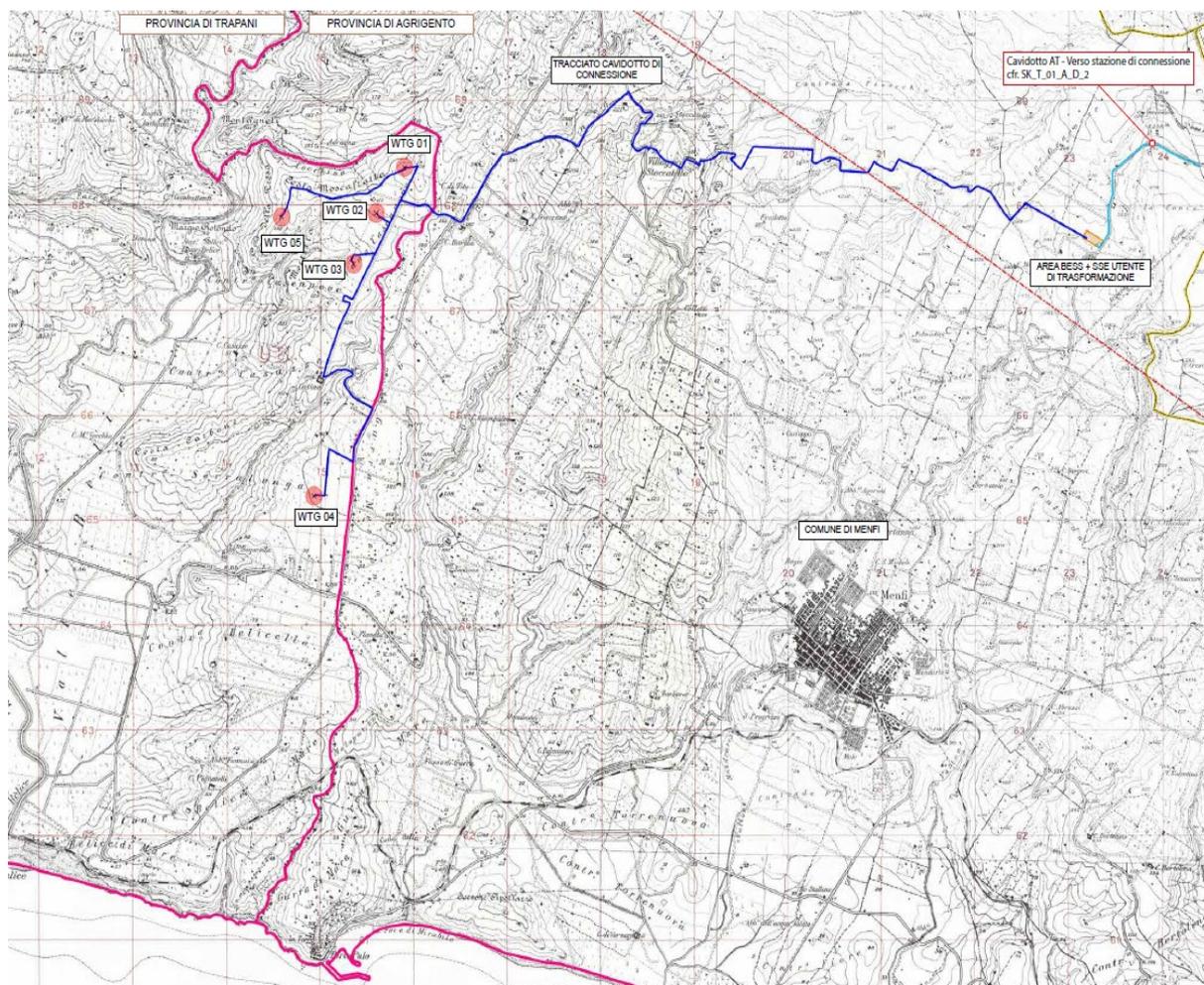


Figura 1 - Inquadramento su IGM del parco eolico e della Stazione di trasformazione 30/36 kV

3 Fenomenologia dello *Shadow Flickering*

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta. Il fenomeno dello "*Shadow flickering*" indica l'effetto di ombreggiamento intermittente, espressione comunemente utilizzata per descrivere la variazione di intensità luminosa che si verifica quando le pale del rotore in movimento "intercettano" la luce solare causando appunto il fenomeno di ombreggiamento intermittente.



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968

Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Nel caso specifico di un impianto di produzione energetica da fonte eolica il fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un recettore, dell'ombra prodotta dalle pale degli aerogeneratori in rotazione quando una fonte luminosa (il sole) si trova alle spalle.

La variazione alternata di intensità luminosa dal punto di vista di un potenziale recettore, a lungo andare, può provocare fastidio ai possibili occupanti esposti al fenomeno stesso.

Tale fenomeno risulta non presente quando, in assenza di vento, le pale non sono in movimento oppure quando la radiazione solare è occultata dalla presenza di nubi o nebbie.

Studi condotti sui possibili effetti dello *shadow flickering* sulla salute umana, evidenziano come, dal punto di vista di un potenziale recettore le frequenze che possono causare fastidi risultano comprese tra i 2,5 ed i 20 Hz (*Verkuijlen and Westra, 1984*).

É da attenzionare che ad oggi i recenti aerogeneratori tripala presentano operatività con velocità di rotazione ridotta e molto al di sotto dei 35 RPM (1,75 Hz) minore quindi alla frequenza definita critica di 2,5 Hz individuata in letteratura.

In merito a quanto sopra esposto risulta doveroso definire ed elencare nella seguente tabella i dati operativi delle turbine "**SIEMENS Gamesa 6.6-170**" adoperate nel presente progetto:

Dati costruttivi e di esercizio SIEMENS Gamesa 6.6-170	
Rotore	
Tipo	3 pale
Diametro	Fino a 175 m
Area spazzata	Fino a 24,052 m ²
Tilt	6°
Pale	
Lunghezza	87,5 m
Larghezza max	4,5 m
Materiale	Fibra di vetro/carbonio/plastica
Colore	Bianco / Grigio
Torre	
Tipo	Tubolare
Altezza	Fino a 145 m
Colore	Bianco / Grigio



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS
Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968
Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Dati costruttivi e di esercizio SIEMENS Gamesa 6.6-170	
Dati operativi	
Cut-in Wind speed	3 m/s
Cut-out Wind speed	25 m/s
RPM Max	8,83

Lo *Shadow flickering* può causare disturbi se sperimentato da un ricettore per periodi prolungati. Le condizioni che ne favoriscono il fenomeno risultano essere:

- La presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa;
- L'assenza di ostacoli tra il ricettore e l'aerogeneratore;
- L'orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole-ricettore di fatti quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, l'ombra proiettata dalle pale muove all'interno di un "disco" causando l'effetto di *shadow flickering*. Invece, se il piano del rotore è in linea con il sole, l'effetto di *shadow flickering* sarebbe trascurabile.

Oltre quanto detto affinché il fenomeno possa essere definito non trascurabile devono sussistere le seguenti condizioni:

- La posizione del sole produca una luminosità sufficiente (almeno 10° sull'orizzonte per la latitudine di progetto) e che non vi sia un'elevata copertura dalle nubi;
- Le pale del rotore siano in movimento quindi in rotazione;
- L'aerogeneratore e il ricettore non siano troppo distanti, perché le ombre risultanti proiettate sono di maggiore intensità nell'area più prossima all'aerogeneratore.

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore e un'abitazione, insieme alla direzione del vento, sono fattori critici per la durata del fenomeno di *shadow flicker*. Questo fenomeno potrebbe verificarsi all'alba o al tramonto quando le ombre sono molto lunghe e la radiazione solare diretta è meno intensa a causa dell'elevazione solare ridotta, per distanze di circa 500 metri. Tuttavia, al di là di una certa distanza, l'ombra smette di essere un problema poiché il rapporto tra lo spessore della pala dell'aerogeneratore e il diametro apparente del sole diventa molto piccolo. Pertanto, la situazione più critica si verifica quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea che collega l'abitazione al sole, poiché in tali condizioni l'ombra proiettata darà origine a un cerchio del diametro della pala del generatore eolico.

**Statkraft**SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft ASPartita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Pagina | 8

Anche se il fenomeno di *shadow flicker* può essere percepito anche all'esterno, diventa evidente e fastidioso soprattutto in quegli ambienti con finestre esposte alle ombre. In generale, l'area soggetta a questo fenomeno non si estende oltre un km dall'aerogeneratore, e le zone a maggiore impatto sono entro i 500 metri di distanza dalle macchine, con una durata del fenomeno di circa 200 ore all'anno. Il *flickering*, se presente, di solito dura non più di 30-40 minuti nell'arco di una giornata.

Di fatti il presente studio descriverà come l'intensità di questo fenomeno sia di gran lunga inferiore, se non nullo rispetto ai valori sopra descritti.

L'intensità del fenomeno di *shadow flicker* è definita come la differenza di luminosità percepita in presenza e in assenza di *flickering* in una determinata posizione. In generale, l'intensità del fenomeno dipende da diversi fattori. Se le pale dell'aerogeneratore hanno una forma rastremata con lo spessore che aumenta verso il mozzo, l'intensità del flickering sarà tanto maggiore quanto maggiore è la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto più vicino è il ricettore. L'intensità del *flickering* sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale. Maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno definite, e in tal caso l'effetto *flickering* risulterà meno intenso e meno evidente.

La finalità della presente relazione è quella di stimare le zone che potrebbero essere interessate dal fenomeno di *shadow flickering*, in relazione agli aerogeneratori presenti nel parco eolico considerato. Per valutare l'impatto del fenomeno, si possono analizzare due casi specifici. Il primo caso è quello del "*worst case*", in cui si valuta la massima durata del fenomeno, considerando cielo sempre sgombro da nubi, rotore in movimento continuo e perpendicolarità tra il rotore e il potenziale ricettore. Il secondo caso è quello del "*real case*", in cui si tiene conto del soleggiamento effettivo dell'area e delle specifiche condizioni anemologiche che determinano la reale operabilità degli aerogeneratori, valutando così la durata realistica del fenomeno.

4 Normativa di riferimento

In Italia al momento non ci sono leggi o linee guida specifiche che regolamentino i limiti di esposizione al fenomeno dello *shadow flicker* generato dagli impianti eolici, né è stata stabilita una distanza massima oltre la quale si ritiene improbabile che ci sia un impatto significativo sulla salute



SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS
Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968
Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

umana. Tuttavia, a livello internazionale ci sono diverse normative e linee guida che fissano dei limiti precisi di esposizione al fenomeno, in termini di ore/anno e ore/giorno.

La valutazione in questione mira a considerare il fenomeno, tenendo conto delle principali linee guida e normative internazionali che fissano i limiti di esposizione al di sotto dei quali gli effetti del fenomeno sulle persone sono considerati trascurabili o nulli.

Queste normative sono riportate nella tabella che segue:

Normativa di riferimento	
Germania, 2002	"Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (Guideline for identification and evaluation of the optical emissions of wind turbines) (WEA-Schattenwurf-Hinweise)" del Länderausschuss für Immissionsschutz (Germania, 2002).
Regno Unito, 2010	"National Policy Statement for Renewable Energy Infrastructure (EN-3)" del Department of Energy and Climate Change (Regno Unito, 2011).
Altre normative in materia	
Australia-Governo Nazionale, 2010	"National Wind Farm Development Guidelines - Draft" dell'Environment Protection and Heritage Council (Australia-Governo Nazionale, 2010);
Australia-Stato del Queensland, 2017	"Wind farm State Code Planning Guideline" del State of Queensland, Department of Infrastructure, Local Government and Planning (Australia-Stato del Queensland, 2017);
Australia- Western Australia, 2004	"Guidelines for Wind Farm Development" del Western Australian Planning Commission (Australia- Western Australia, 2004);
Australia, 2017	"Policy and planning Guidelines for Development of Wind Energy Facilities in Victoria" del Victoria State Government, Department of Environment, Land, Water and Planning (Australia, 2017);
Belgio-Regione delle Fiandre, 2017	"VLAREM II" del Vlaamse overheid – Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (Belgio-Regione delle Fiandre 2017);
Belgio-Regione Vallone, 2014	"Arrêté du Gouvernement wallon portant conditions sectorielles relatives aux parcs d'éoliennes d'une puissance totale supérieure ou égale à 0,5 MW" del Governo Vallone (Belgio-Regione Vallone, 2014);
Scozia, 2012	"Onshore wind turbines" del Scottish Government (Scozia, 2012);



SKI 34 S.r.l.
 Società soggetta ad attività di direzione
 e coordinamento di Statkraft AS
 Partita IVA 12417100968
 Gruppo IVA 11412940964
 C.F. 12417100968
 Via Caradosso 9
 20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Danimarca, 2015	"Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller" del Danish Government, Naturstyrelsen, Miljøministeriet (Danimarca, 2015).
-----------------	---

Tabella 3 - Normative e linee guida internazionali riferite alla fenomenologia dello Shadow Flickering

La maggior parte dei paesi che hanno stabilito linee guida o regolamenti riguardanti il fenomeno dello *Shadow flicker* si sono basati sulle norme di riferimento tedesche e sui limiti di accettabilità da esse introdotti. Invece, nazioni come Austria, Brasile, Canada, India, Giappone e Polonia, in assenza di una specifica normativa o linea guida, seguono le indicazioni contenute nelle linee guida tedesche considerandole come buona pratica.

Le linee guida tedesche sono state introdotte nel 2002 dal comitato statale per il controllo dell'inquinamento e sono state adottate dalla maggior parte dei Lander come buone pratiche per la valutazione dell'impatto del fenomeno dello *shadow flickering* prodotto da un parco eolico. Secondo tali linee guida, lo *shadow flickering* deve essere valutato fino ad una distanza tale che il rotore copra il 20% del disco solare e per angoli del sole sull'orizzonte superiori a 3 gradi, ad un'altezza di 2 metri dal suolo. Inoltre, i valori limite di accettabilità stabiliti sono di massimo 30 minuti al giorno e 30 ore all'anno. Tuttavia, a distanze superiori il fenomeno è da considerarsi notevolmente rarefatto da poter produrre fastidio, mentre per angoli inferiori si ritiene schermato dalla presenza di edifici e/o vegetazione.

5 Individuazione dei recettori

Al fine di valutare l'impatto del sistema di turbine eoliche proposto sugli edifici, sono stati individuati i potenziali recettori sensibili all'interno di un'area corrispondente all'involuppo di zone cuscinetto circolari con un raggio di un km a partire dal centro coincidente all'asse del punto di posizionamento delle WTG considerate.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno degli edifici, risulta evidente e potenzialmente fastidioso negli ambienti con finestre posizionate lungo l'asse sole-turbina eolica. Per questo motivo, al fine di ottenere una valutazione cautelativa e sebbene le ispezioni in loco abbiano dato esito negativo, nella simulazione si è considerata la presenza di finestre con un'altezza di 1 metro e una larghezza di 1 metro, posizionate ad un'altezza di 2 metri dal suolo e disposte su tutte le facciate degli edifici considerati, rivolte quindi verso i quattro punti cardinali (N-S-E-O).



SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968

Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Pagina | 11

I recettori considerati possono essere identificati come:

1. Abitazioni o strutture atte ad ospitare persone al fine di dimora;
2. Allevamenti atti ad ospitare animali in maniera stanziale o temporanea.

I riferimenti dettagliati dei potenziali recettori individuati all'interno della zona cuscinetto specificata sono riportati nelle schede allegate all'elaborato "SK_R_07_A_S_Relazione_recettori_sensibili".

Nelle schede sono riportati i dati dei recettori individuati con un codice alfanumerico (A=accatastati - N=non accatastati), identificazione del comune di riferimento, dati catastali, coordinate, tipologia di utilizzo e stato di conservazione così come le distanze dettagliate dalle WTG più prossime.

Di questi ultimi si è effettuata una scrematura eliminando tutti quei recettori che, mediante opportune valutazioni, possono essere esclusi dalla categorizzazione di "recettori sensibili alla fenomenologia dello Shadow Flickering".

6 Software utilizzato e modello di calcolo

Per valutare gli effetti del fenomeno di *shadow flickering* generato da un parco eolico, vengono utilizzati spesso software specializzati in grado di simulare il comportamento del fenomeno stesso. I programmi utilizzati per la progettazione di impianti eolici includono solitamente moduli specifici per l'analisi e la valutazione del fenomeno di *flickering*.

Per effettuare l'analisi dell'impatto prodotto dal fenomeno di *shadow flickering* causato da un parco eolico, è necessario utilizzare un modello digitale del terreno dell'area interessata dalla progettazione, nonché le coordinate (Est, Nord, quota) dei generatori eolici e dei possibili destinatari sensibili. Inoltre, si devono considerare i dati relativi alla posizione del sole durante l'anno e le condizioni operative delle turbine nello stesso periodo. Queste informazioni sono fondamentali per condurre un'analisi accurata del fenomeno di *flickering*. Solitamente, i pacchetti software utilizzati per la progettazione di parchi eolici includono moduli specifici per il calcolo e l'analisi di questo fenomeno.



SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS
Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968
Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Pagina | 12

Per determinare la posizione del sole rispetto al parco eolico e ai potenziali ricevitori nel corso di un anno, è indispensabile stabilire la longitudine, la latitudine e il fuso orario dell'area di progetto (coordinate baricentriche del dominio di calcolo).

Nel presente studio sono stati utilizzati software specifici che consentono di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno al fine di individuare i periodi in cui ogni turbina eolica può generare ombre sulle finestre delle abitazioni circostanti.

I software consentono di analizzare in modo dettagliato il fenomeno dello shadow flickering causato dalla proiezione delle ombre degli aerogeneratori sulle abitazioni o strutture limitrofe. In particolare, il modello offre la possibilità di calcolare il potenziale per le ombre intermittenti alle finestre, visualizzare un calendario grafico degli eventi di flickering e un elenco dettagliato di ciascun evento di ombreggiamento, comprensivo dell'ora di inizio, di fine e della durata del fenomeno, oltre alle informazioni sui singoli aerogeneratori coinvolti. Inoltre, i software consentono di creare mappe di impatto potenziale che mostrano le ore di ombra intermittente per l'intero parco eolico o per le singole macchine, rappresentate tramite curve di isodurata. È importante notare che l'ombra smette di rappresentare un problema al di là di una certa distanza, determinata dal rapporto tra lo spessore della pala e il diametro apparente del disco solare.

In altre parole, durante le simulazioni effettuate per questo progetto, si è considerata una distanza massima di 2040 m come limite di influenza per il fenomeno di *shadow flickering*, insieme ad un angolo minimo di altezza del sole sull'orizzonte di 3°. Tuttavia, queste scelte sono state molto prudenti rispetto alla teoria del fenomeno di *shadow flickering* e alle sue implicazioni pratiche.

In particolare, il modello numerico utilizzato, come altri presenti sul mercato, produce in output una mappa di impatto nel caso più penalizzante, il cosiddetto "*WORST CASE*", corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (ore di luce, circa 4380 h/anno), indipendentemente dalla presenza o meno di nuvole, le quali inficerebbero il fenomeno dello *shadow flickering* a causa dell'impossibilità di generare ombre.

Il *worst case*, in particolare, si basa sui seguenti assunti:

- Non si hanno ostacoli naturali o artificiali (come alberi, muri, edifici, ecc...) tra i ricevitori e gli aerogeneratori, ad eccezione dell'orografia del terreno che limita o elimina completamente il fenomeno dello *shadow flickering*;



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968

Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Pagina | 13

- Gli aerogeneratori sono sempre in funzione;
- Si ha presenza del sole durante tutte le ore diurne dell'anno (senza nuvole);
- La direzione del vento (*worst case wind direction*) è tale che il piano del rotore è perpendicolare alla linea che congiunge il sole al ricevitore, ovvero l'aerogeneratore segue il sole;

In altre parole, poiché il fenomeno dello *shadow flickering* si verifica solo quando ci sono, sole libero da nubi e vento sufficiente a far girare le pale, i valori calcolati dal modello (che considera la presenza costante di sole e rotore sempre in funzione) possono essere ulteriormente ridotti tenendo conto delle ore effettive di assolazione e funzionamento dell'aerogeneratore rispetto alle ore totali in un anno (8760 h).

Va considerato quindi che i risultati sono estremamente conservativi in quanto si tratta di una stima puramente teorica.

Nell'elaborazione attuata è stato considerato, oltre al Worst Case, i possibili casi reali funzione dei valori di eliofania dell'area e le ore effettive di lavoro dell'impianto.

- REAL CASE - FUNZIONE DELL'ELIOFANIA DELL'AREA

Per ottenere risultati più realistici e vicini al caso reale (*REAL CASE*), è necessario considerare il valore di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno. Nel caso dell'area presa in esame, il valore medio di eliofania corrisponde a circa 2500 ore l'anno, il che significa che i risultati del calcolo possono essere abbattuti del 43%, che è il complemento a 1 del rapporto $2500/4380 = 57\%$. In altre parole, rispetto al *WORST CASE*, la probabilità di verificarsi del fenomeno di *shadow flickering* si riduce realisticamente, per l'area in questione, al 57% del valore calcolato dal modello impiegato e che corrisponde alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi.

- REAL CASE - FUNZIONE DELLE ORE EFFETTIVE DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO.

Ulteriormente, per ottenere risultati più realistici e vicini al caso reale (*REAL CASE*), risulta necessario considerare anche il numero di ore di funzionamento stimato dell'impianto eolico nell'arco dell'anno (7085 ore) ed il totale, ovvero il numero di ore in cui l'impianto sarà in funzione rispetto alle



SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS
Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968
Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Pagina | 14

ore totali in cui l'impianto potrebbe essere in funzione. Tale approccio permette di riformulare i valori calcolati dal modello che possono essere ulteriormente abbattuti del 19,12% (pari al complemento a 1 del rapporto 7085/8760). Pertanto, il valore finale di impatto calcolato dovrebbe essere ulteriormente ridotto del 19,12%, rispetto al valore ottenuto dal modello che considera il rotore sempre in movimento. Questo valore dovrebbe quindi essere più realistico riguardo l'impatto del fenomeno di shadow flickering sul parco eolico in esame.

In breve, i valori calcolati dal modello numerico per le ore di ombreggiamento intermittente all'anno possono essere ridotti realisticamente considerando che il fenomeno di shadow flickering si verifica solo quando c'è contemporaneamente sole libero da nubi e vento che fa girare il rotore dell'aerogeneratore.

Pertanto, il valore calcolato dal modello può essere notevolmente abbattuto in funzione della probabilità composta di avere contemporaneamente entrambi i fenomeni.

In ultimo, un ulteriore fattore al momento non computabile, che comporterebbe una ulteriore riduzione del fenomeno, risulta essere la direzione del vento. Tale fattore comporta che il piano del rotore non sia sempre perpendicolare alla linea che congiunge il sole al ricevitore. Nell'area, la direzione prevalente del vento non segue l'andamento del disco solare, questo comporta una riduzione del fenomeno, di fatti nei casi più realistici l'ombra generata e proiettata al suolo si ridurrà verosimilmente ad una retta, in quanto il piano del rotore non risulta sempre allineato con la direzione del sole.

7 Risultati

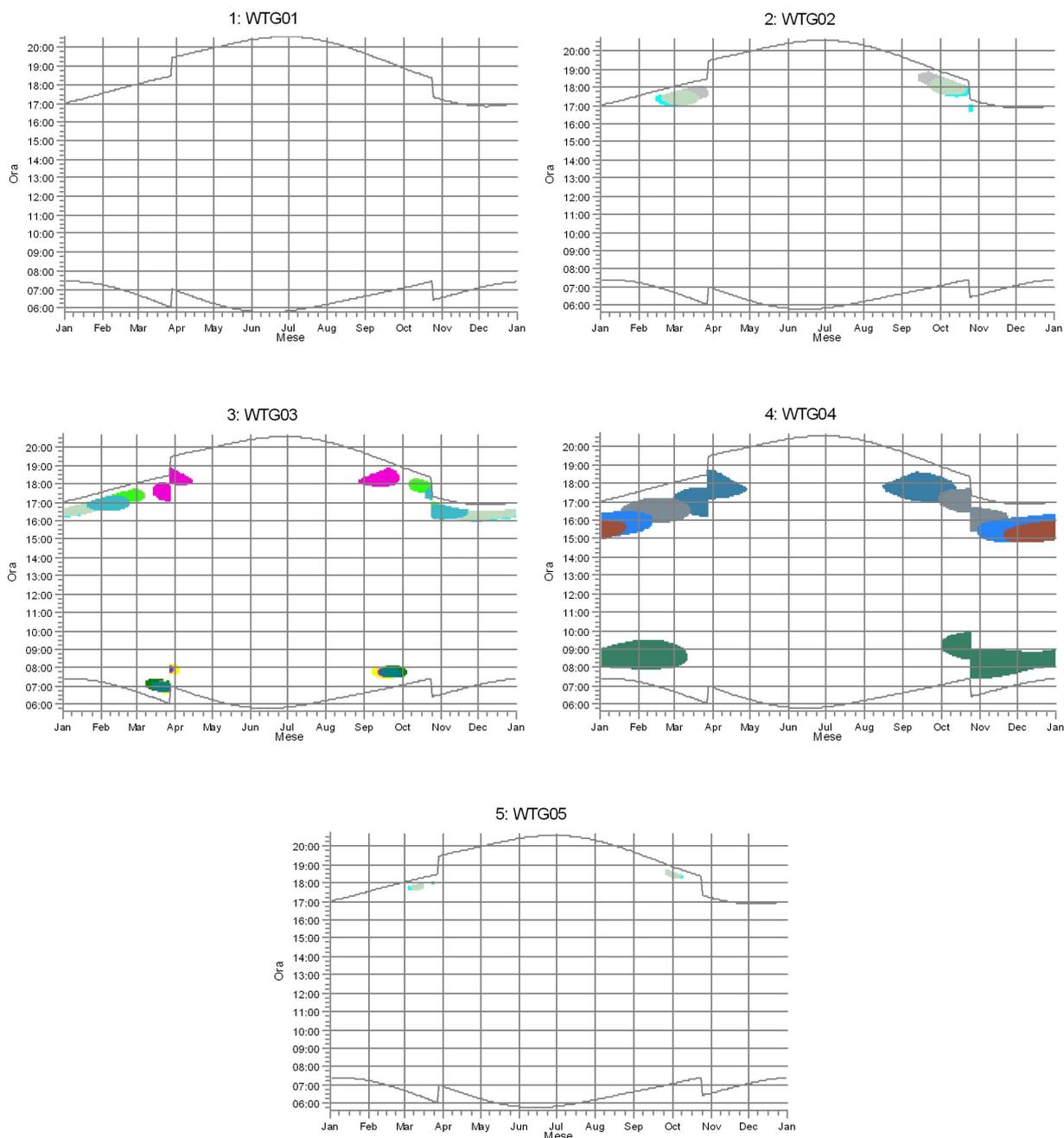
I risultati dell'elaborazione effettuata hanno permesso di identificare in primis i recettori sensibili al fenomeno dello shadow flickering e secondariamente la sussistenza del fenomeno per ogni singolo recettore.

Tale analisi è analizzabile a livello grafico nelle seguenti figure, in cui per ogni singola WTG si identificano i periodi dell'anno in cui il fenomeno dello shadow flickering si abbatte sui recettori.



SKI 34 S.r.l.
 Società soggetta ad attività di direzione
 e coordinamento di Statkraft AS
 Partita IVA 12417100968
 Gruppo IVA 11412940964
 C.F. 12417100968
 Via Caradosso 9
 20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).



Recettori d'ombra

A: A19	E: A30	K: A59	N: A66	Q: A73	X: A130	AL: A182
B: A20	F: A31	L: A63	O: A69	R: A74	AC: A148	AM: A183
D: A29	J: A58	M: A65	P: A70	S: A77	AK: A179	AN: A185

Figura 2 - Grafici riportanti, per singola WTG, l'andamento del fenomeno di Shadow Flickering nei confronti dei recettori

**Statkraft**

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968

Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Pagina | 16

L'analisi dei grafici mostra la persistenza del fenomeno sia nei mesi autunnali/invernali, che primaverili/estivi. Non si omette di sottolineare che i mesi autunnali/invernali risultano caratterizzati dalle peggiori condizioni meteorologiche dell'anno e quindi da una maggiore probabilità di cielo coperto rendendo ancora più plausibili le considerazioni fatte a proposito del "caso reale" in cui si è tenuto conto di un fattore correttivo dovuto alla possibilità di avere cielo nuvoloso. Per quanto riguarda l'analisi dei mesi primaverili/estivi, l'oscillazione dell'ombra si concentra quasi principalmente nelle prime ore dell'alba, rendendo quindi minimi anche in questo caso, gli effetti causati.

In merito ai valori limite di accettabilità stabiliti secondo le linee guida tedesche, i recettori che subiscono la fenomenologia dello *shadow flickering* per un numero di ore annue superiore a 30 risulta essere soltanto uno.

1. Recettore A148 Lat - 37°36'57.99 Lon - 12°53'55.30.

Recettore accatastato al catasto fabbricati Part. 722 sub 1 A/4 (abitazione di tipo popolare) cl.7 e Part. 722 sub 2 C/2 (Magazzini e locali di deposito) cl.5.

Tale recettore mostra il fianco destro alla WTG04 che si localizza a circa 450m di distanza, il fianco interessato dal fenomeno presenta una alberatura che permette una ragionevole schermatura del fenomeno così come mostrato nelle seguenti immagini.



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968

Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).



In funzione di quanto esposto è possibile affermare che non sussiste criticità nei confronti di tale recettore.



SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968

Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

Pagina | 18

8 Conclusioni

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che lo studio effettuato sul fenomeno dello shadow-flickering si basa su una stima cautelativa, in quanto non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-recettore, e dell'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e il recettore. E' stata altresì considerata l'ipotesi di finestre poste su 4 lati degli immobili. Il fenomeno è potenzialmente riscontrabile solo in periodi limitati del giorno e durante alcuni mesi dell'anno. Per la totalità dei recettori indagati lo shadow-flickering risulta inferiore a 30 ore l'anno e a 30 minuti al giorno ad eccezione di quattro recettori che di fatto risultano, per via della loro posizione, dell'orientamento rispetto alle WTG in progetto, dell'assenza di finestre esposte e per la presenza alberature protetti dal fenomeno dell'ombreggiamento intermittente.

Va sottolineato comunque che:

- La velocità di rotazione delle turbine che verranno montate è 8,83 RPM (rotazioni al minuto), quindi nettamente inferiore a 50 RPM, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;
- Non sussiste una normativa italiana in materia, per cui il progetto non si pone in difformità a prescrizioni normative o prassi.



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968

Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetrano (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetrano (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

CARTE DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL FENOMENO

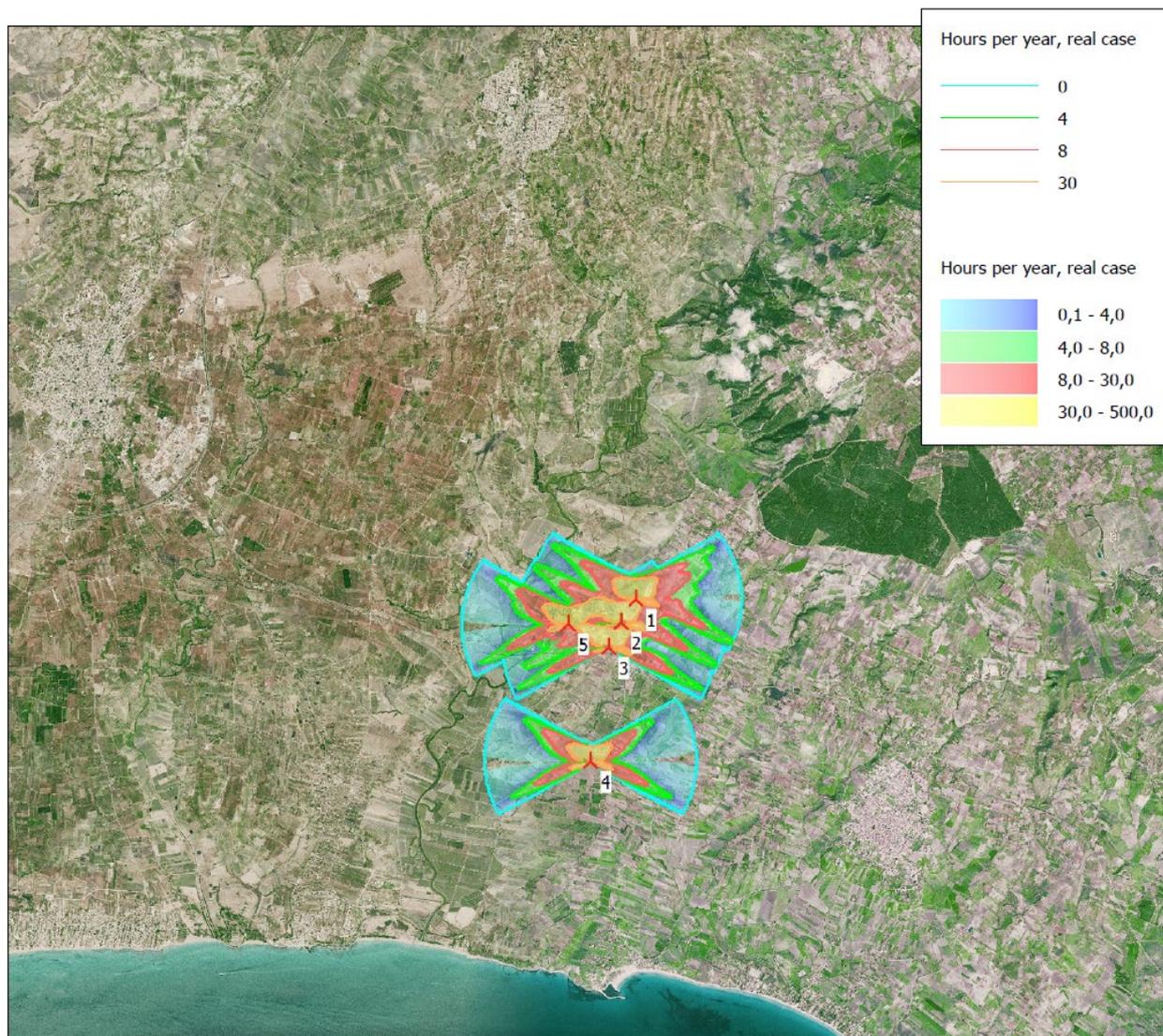


Figura 3 - Stralcio carta di distribuzione del fenomeno in funzione delle ore per anno



SKI 34 S.r.l.
 Società soggetta ad attività di direzione
 e coordinamento di Statkraft AS
 Partita IVA 12417100968
 Gruppo IVA 11412940964
 C.F. 12417100968
 Via Caradosso 9
 20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

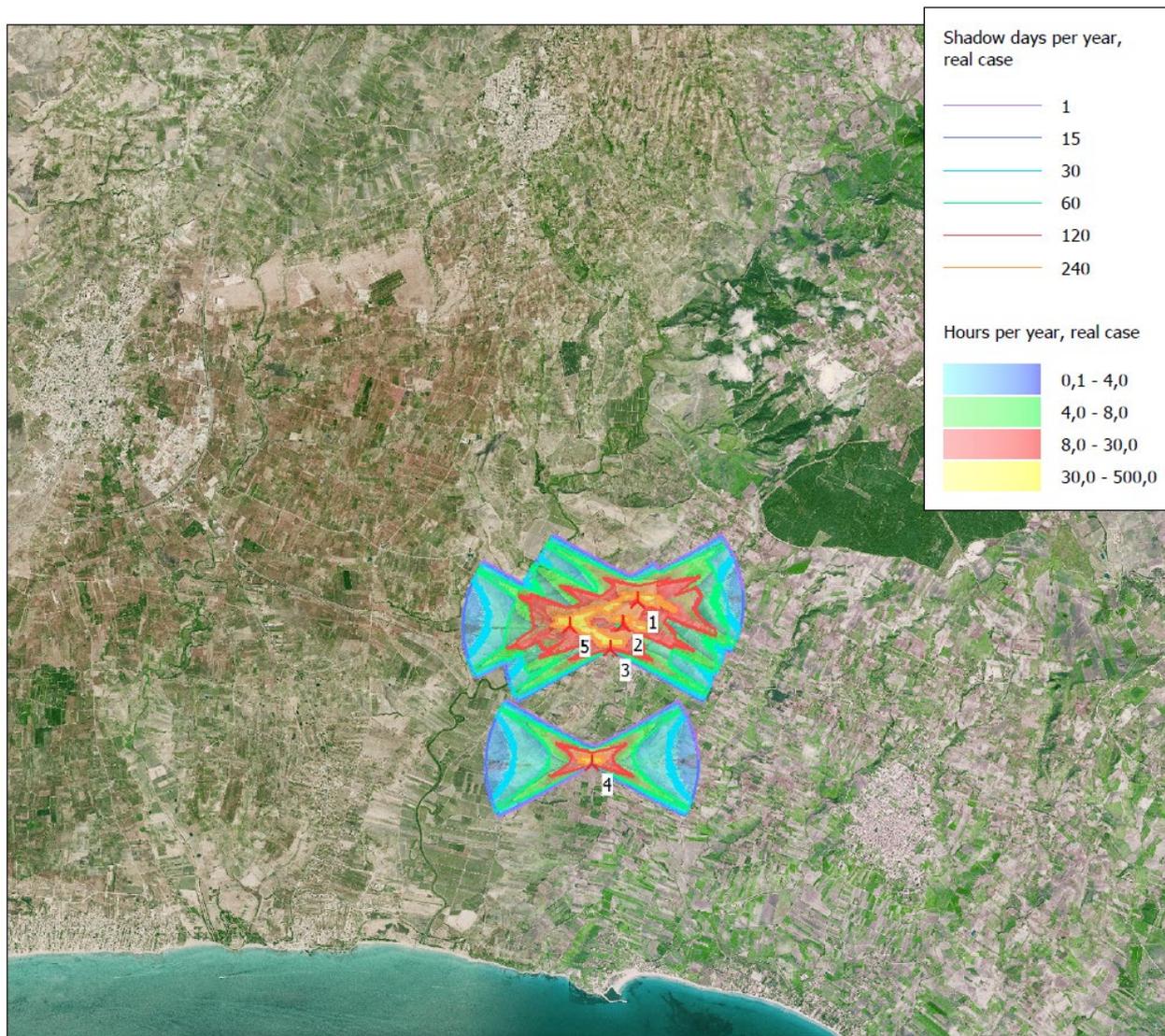


Figura 4 - Stralcio carta di distribuzione del fenomeno in funzione dei giorni per anno



Statkraft

SKI 34 S.r.l.
Società soggetta ad attività di direzione
e coordinamento di Statkraft AS

Partita IVA 12417100968
Gruppo IVA 11412940964
C.F. 12417100968

Via Caradosso 9
20123 Milano

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico composto da 5 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno per una potenza complessiva di 33 MW sito nel comune di Castelvetro (TP) in località C.da Case Nuove e da un sistema di accumulo elettrochimico da 18 MW sito nel comune di Menfi (AG) in località C.da Genovese e da opere connesse nei comuni di Castelvetro (TP), Menfi, Sambuca di Sicilia e Sciacca (AG).

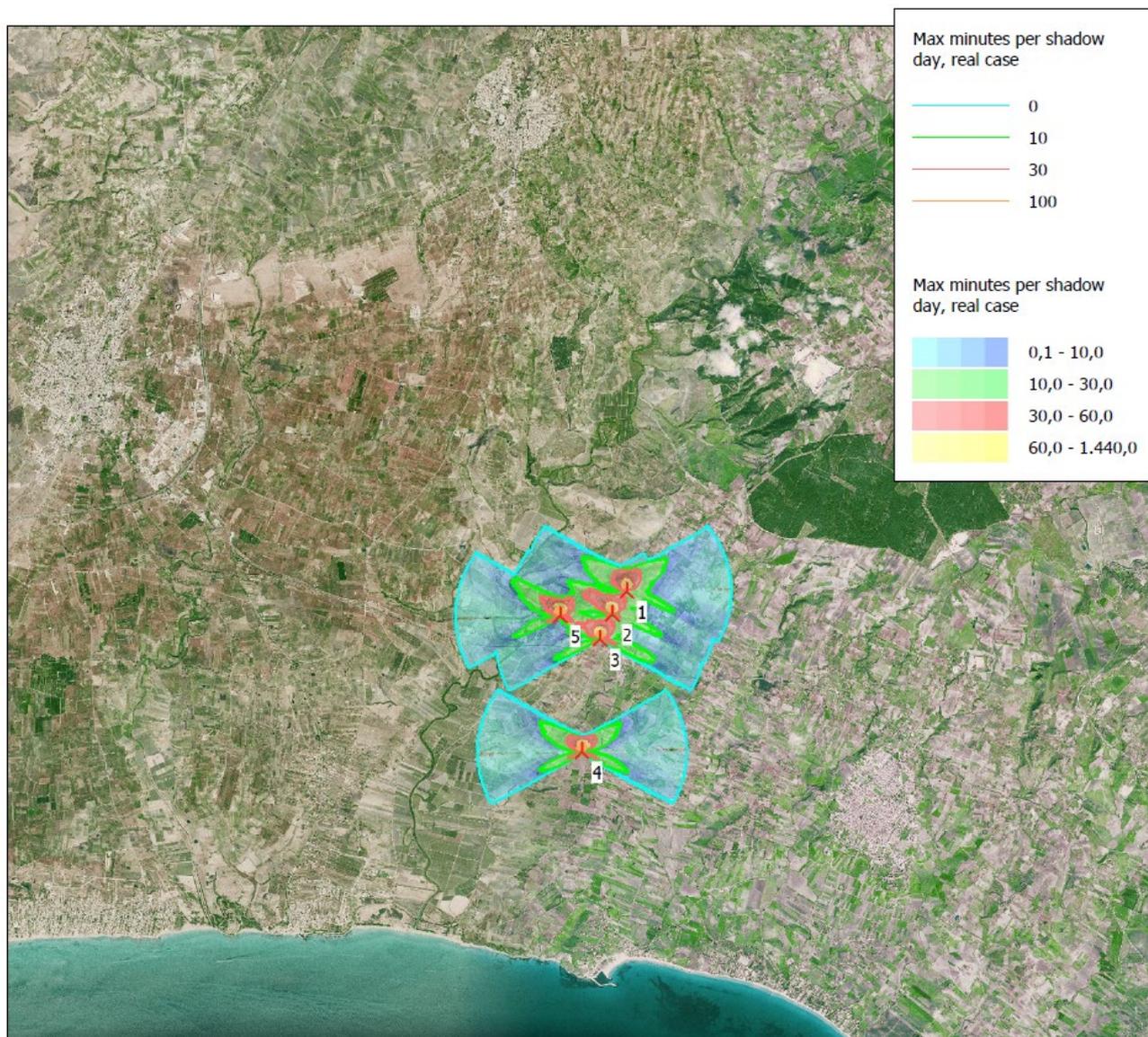


Figura 5 - Stralcio carta di distribuzione del fenomeno in funzione dei massimi minuti al giorno

APPENDICE A - Risultati delle elaborazioni