

SINNER WIND S.r.l.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 59,4 MW_p RICADENTE NEI TERRITORI DI SCANDALE (KR) E SAN MAURO MARCHESATO (KR) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE



Via Degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Tecnico

ing. Danilo POMPONIO
ing. Giada BOLIGNANO

Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO
ing. Giulia CARELLA
ing. Fabio MASTROSERIO
ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI
ing. Dionisio STAFFIERI
ARATO S.r.l.

Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
V11	Studio evoluzione ombra (shadow flickering)	24022	D		
		CODICE ELABORATO			
		DC24022D-V11			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
00		-	-		
		NOME FILE	PAGINE		
		DC24022D-V11.doc	12 + copertina		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/03/24	Emissione	Carella	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

INDICE

1. PREMESSA	2
2. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE SOLARE ANNUALE	4
3. VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLE OMBRE GENERATE	5
4. CONCLUSIONI	9
TABULATI DI CALCOLO	10

1. PREMESSA

La presente relazione descrive l'evoluzione giornaliera delle ombre generate dagli aerogeneratori facenti parte del progetto dell'impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società **SINNER WIND S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 9 aerogeneratori, del tipo Siemens-Gamesa con rotore pari a 170 m e altezza al tip pari a 220 m, per una potenza complessiva di 59,4 MW, da realizzarsi nei comuni di Scandale (KR) e San Mauro Marchesato (KR), in cui insistono gli aerogeneratori, le opere di connessione e la cabina utente per il collegamento in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Belcastro-Scandale".

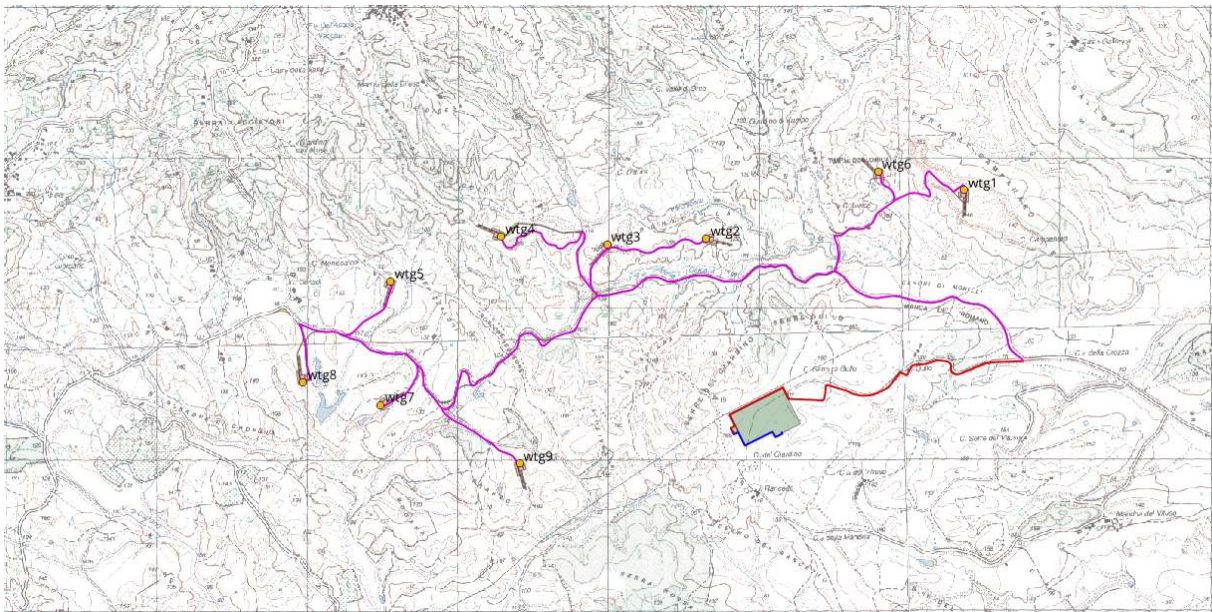


Figura 1: Ubicazione dell'impianto eolico e delle opere di connessione su IGM

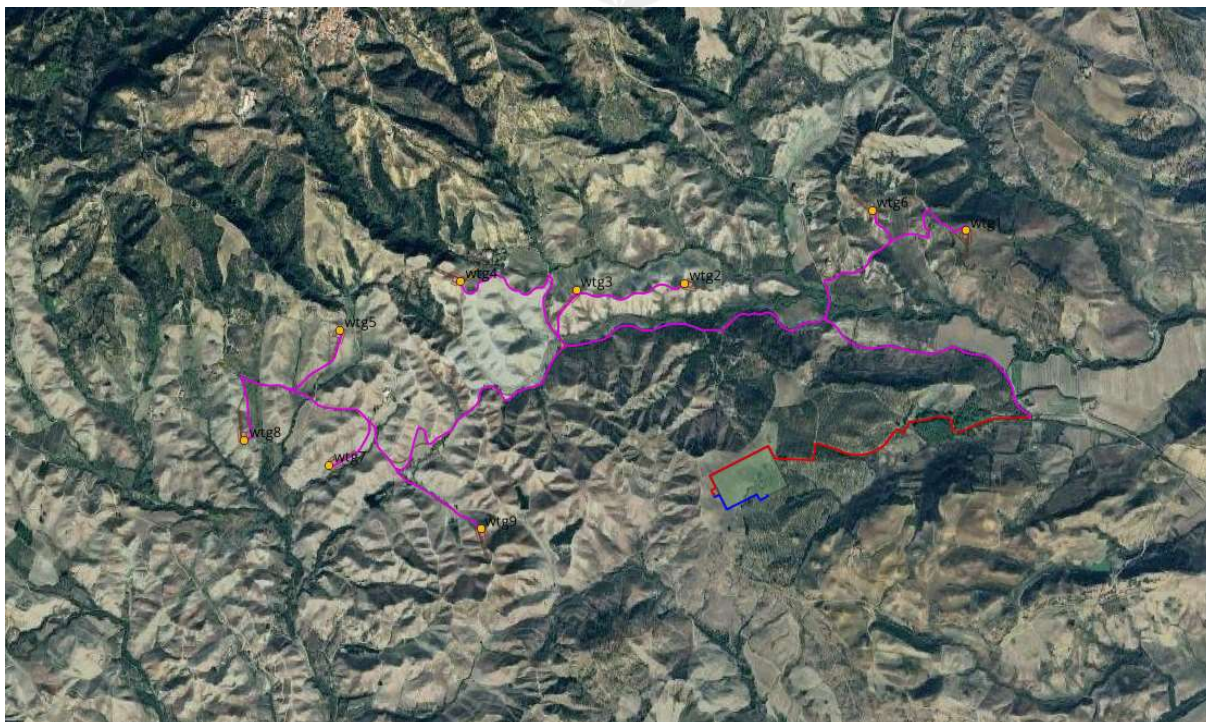


Figura 2: Ubicazione dell'impianto eolico e delle opere di connessione su ortofoto

Il parco eolico di progetto sarà ubicato nei comuni di Scandale (KR) e San Mauro Marchesato (KR) a distanza rispettivamente di circa 1,5 km e 2,2 km dal centro urbano.

L'area di progetto, intesa sia come quella occupata dai 9 aerogeneratori di progetto, con annessi piazzole, e dai caviddotti di interconnessione, interessa il territorio comunale di Scandale (KR) censito al NCT ai fogli di mappa nn. 11, 12, 14 e 16, e il territorio comunale di San Mauro Marchesato (KR) censito al NTC ai fogli 8 e 17; la cabina utente ricade nel territorio comunale di Scandale (KR) censito al NCT al foglio di mappa n. 17.

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (WGS84 – UTM zone 33N) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni dei Comuni di Scandale (KR) e San Mauro Marchesato (KR).

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE	LONGITUDINE	NORD (Y)	EST (X)	Comune	foglio	p.lla
01	39° 6' 26.40"	17° 0' 15.29"	4330600	673296	SCANDALE	16	1
02	39° 6' 19.77"	16° 59' 4.49"	4330358	671600	SCANDALE	12	38
03	39° 6' 16.42"	16° 58' 36.42"	4330240	670928	SCANDALE	12	38
04	39° 6' 18.57"	16° 58' 7.09"	4330291	670222	SCANDALE	11	490
05	39° 6' 9.58"	16° 57' 36.37"	4329998	669490	SAN MAURO MARCHESATO	8	392
06	39° 6' 30.89"	16° 59' 51.74"	4330726	672727	SCANDALE	14	47
07	39° 5' 42.98"	16° 57' 32.84"	4329176	669423	SAN MAURO MARCHESATO	17	44
08	39° 5' 48.30"	16° 57' 11.51"	4329329	668907	SAN MAURO MARCHESATO	17	3-39-41
09	39° 5' 29.78"	16° 58' 10.85"	4328789	670345	SAN MAURO MARCHESATO	17	22-47

2. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE SOLARE ANNUALE

La posizione occupata nel cielo dal sole è compiutamente individuata mediante la misura di due coordinate angolari, azimut ed elevazione (altezza). L'azimut viene misurato, in senso orario, sul piano orizzontale, a partire dal nord geografico fino al punto sull'orizzonte direttamente sotto all'oggetto; l'elevazione, invece, viene misurata sul piano verticale, partendo da tale punto sino ad arrivare in corrispondenza dell'oggetto. A causa del moto della Terra intorno al sole, tali coordinate variano senza soluzione di continuità e la traiettoria descritta nel cielo dal sole è assimilabile ad un arco; ogni giorno si caratterizza per un proprio arco, il quale si discosta, se pur di poco, da quello del giorno immediatamente precedente e successivo. Ad ogni modo, si può affermare che un certo arco si ripete quasi esattamente ogni anno. Dicesi giorno l'intervallo di tempo nel quale giunge al suolo luce solare diretta per cui, la sua durata è pari al tempo che intercorre tra alba e tramonto.

La durata del giorno non coincide con la durata della luce naturale dato che sia prima dell'alba che dopo il tramonto sono rilevabili due periodi, chiamati entrambi crepuscolo (rispettivamente crepuscolo mattutino e crepuscolo serale o serotino), durante i quali giunge a terra una luce diffusa naturale fornita dai livelli più esterni dell'atmosfera i quali, trovandosi a quote più elevate, ricevono infatti luce solare diretta per un tempo più lungo riflettendola in parte verso la terra. Per quanto detto, la durata dell'illuminazione solare è pari alla somma della durata del giorno e della durata del crepuscolo mattutino e serale. Se non si verificasse il fenomeno descritto, il passaggio dal giorno alla notte e viceversa avverrebbe in maniera repentina.

3. VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLE OMBRE GENERATE

Le turbine eoliche, come altre strutture spiccatamente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta. In particolare si hanno fenomeni quasi statici legati alla presenza della torre fissa ed effetti dinamici legati alla rotazione del rotore con le sue tre pale.

Il primo fenomeno potrebbe avere come conseguenza l'incremento della probabilità di formazione di ghiaccio sulle strade asfaltate soggette a rilevante traffico (se presenti) in particolare nelle prime ed ultime ore del giorno.

Il secondo fenomeno è legato alla presenza di un osservatore posto in modo da vedere interposto il rotore tra sé e il sole. Si precisa che i fenomeni di ombreggiamento descritti attualmente non sono regolati da una specifica normativa.

Ai fini della presente trattazione è stato preso in considerazione un modello tipologico di aerogeneratore avente un'altezza massima (altezza al mozzo + lunghezza della pala) pari a 220 m dato che l'apparecchio effettivamente installato non avrà un'altezza massima superiore a tale valore. È stato stimato l'effetto "flicker" prodotto dall'impianto eolico; trattasi di un fenomeno per cui si genera una intermittenza dell'ombra (una sorta di effetto stroboscopico) a seguito del movimento del rotore dell'aerogeneratore quando in esercizio (in particolare quando il piano del rotore risulta perpendicolare alla congiungente tra l'osservatore e il sole), e che potrebbe risultare spiacevole per un osservatore. Per eseguire tale analisi è stato impiegato il software WindPRO.

Nel calcolo sono state assunte le seguenti ipotesi ampiamente conservative (caso peggiore – *worst case*):

- Sole splendente tutto il giorno e per tutto l'anno;
- Impianto costantemente in funzione (presenza costante di vento);
- Piano del rotore sempre ortogonale alla congiungente tra l'osservatore e il sole;
- Altezza minima del sole sull'orizzonte pari a 3°;
- Effetto dell'ombra proiettata fino a una distanza di 2000 m dalle torri;
- Totale assenza di ostacoli o schermi vegetazionali presenti negli spazi circostanti i possibili recettori.

Il report di calcolo restituisce un grafico finale che riporta in pianta il numero massimo di ore/anno in cui ad altezza dell'occhio umano si verifica l'effetto flicker descritto. Tale numero è rappresentato graficamente sul territorio con aree di diverse sfumature di colore in base al numero di ore/anno di possibile effetto flicker.

Di seguito viene allegato il calcolo dell'ombra per i fabbricati, maggiormente coinvolti dall'effetto flicker, presenti nel raggio di 1 km.

Dai tabulati è possibile verificare che, nonostante sono assunte le condizioni peggiorative assolute, cioè:

- sole sempre presente, soleggiamento massimo in tutti i giorni dell'anno;
- pale eoliche sempre in rotazione;
- orientamento delle finestre sempre in direzione delle turbine ("modalità serra")
- dimensione tipica finestra 1,5x1,5 m, in tutte le esposizioni, altezza della finestra da terra 1 m
- altezza occhio umano 1,5 m

l'effetto ombra è modesto per gli immobili presenti nell'area di progetto, infatti

- **la massima durata dell'ombra all'anno è di 178:17 ore/anno con un ombreggiamento giornaliero massimo di 1:47 ore/giorno, tale risultato si rileva per un recettore di categoria F04. Mentre per quanto concerne i recettori sensibili (categoria catastale A) il valore maggiore di ombra all'anno è di 75:27 ore/anno con un ombreggiamento giornaliero di 1:08 ore/giorno;**
- **sempre dai tabulati risulta che la media di ombreggiamento sui ricettori è inferiore ad 0:34 ore/giorno.**

I risultati ottenuti sono riportati nella tavola seguente:

Risultati dei calcoli

Recettore d'ombra

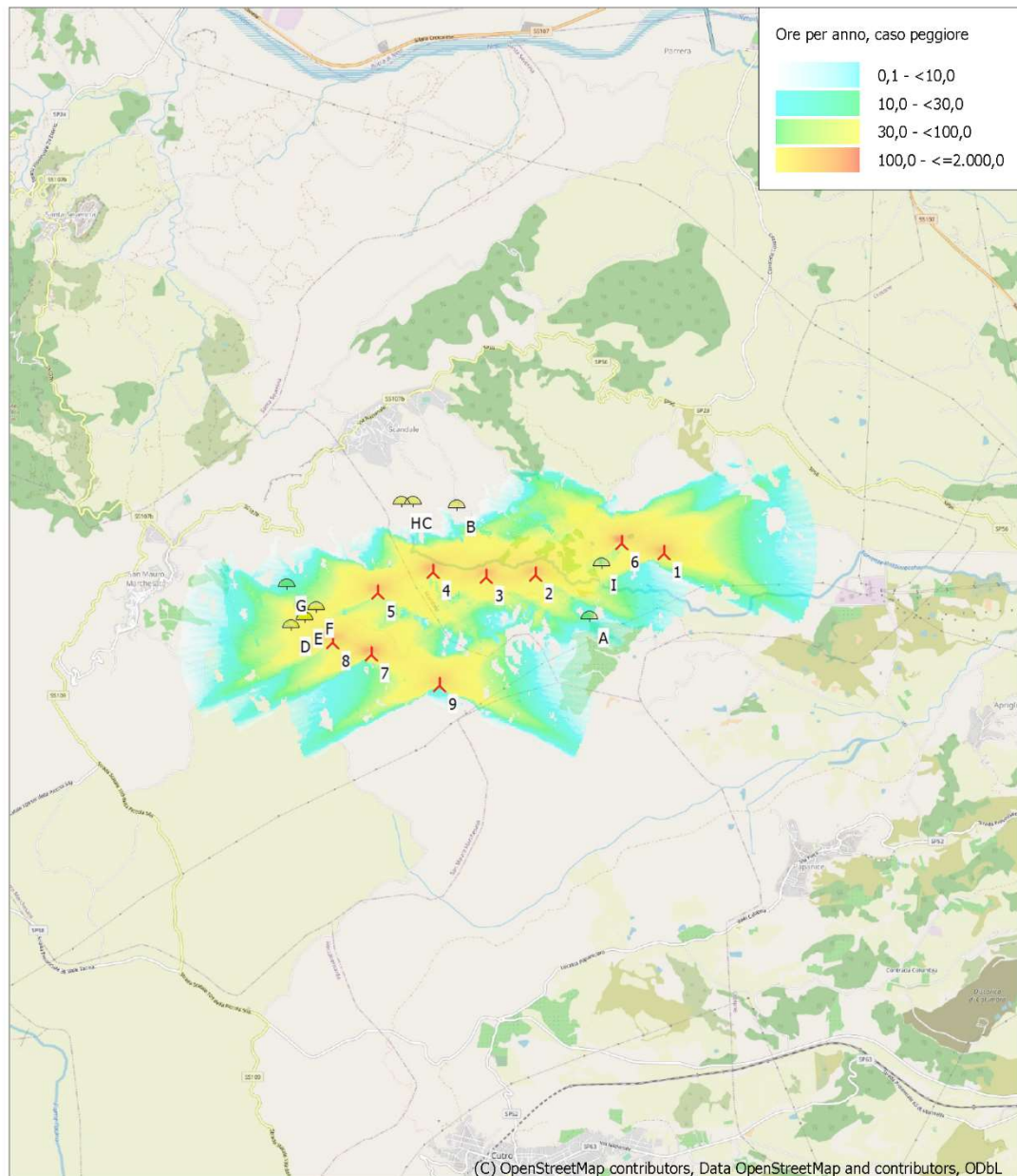
Ombra, caso peggiore

n.	Ore d'ombra per anno [ore/anno]	Giorni con ombra per anno [giorni/anno]	Massima durata dell'ombra per giorno [ore/giorno]
A	0:00	0	0:00
B	0:00	0	0:00
C	0:00	0	0:00
D	75:27	88	1:08
E	178:17	125	1:47
F	48:50	74	0:59
G	12:11	41	0:28
H	0:00	0	0:00
I	31:21	56	0:47



SHADOW - Mappa

Calcolo: layout 2024-03-24



Mappa: EMD OpenStreetMap , Scala di stampa 1:75.000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 671.140 Nord: 4.329.860
 Nuova WTG Recettore d'ombra
 Fonte altimetria: Height Contours: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.wpo (2)

windPRO 4.0.422 by EMD International A/S, Tel. +45 96 35 44 44, www.emd.dk, windpro@emd.dk

27/03/2024 12:50 / 1



Il recettore più esposto corrisponde al fabbricato E (ID 43), ubicato nel comune di San Mauro Marchesato e catastalmente individuato al foglio di mappa n. 17, particella 141; coord. UTM WGS84-33T: 668528, 4329617.

Tale fabbricato, classificato al Nuovo Catasto Terreni con categoria F04-Fabbricato in corso di definizione, dista 476 m dell'aerogeneratore più vicino WTG8.

Per tale recettore sono state calcolate 1,47 ore/giorno di ombreggiamento.

Tra l'edificio e la WTG8 è presente un impianto di ulivi, condizione, questa, che rappresenta per

il fabbricato una schermatura naturale all'effetto shadow flickering valutato in precedenza, proprio perché la vegetazione alta attenua (se non annulla) l'impatto dell'ombra.

Inoltre, si precisa che l'analisi teorica dello shadow flickering non ha tenuto conto della naturale morfologia, che nell'area in esame è particolarmente frastagliata, e della vegetazione sparsa che può attenuare ulteriormente gli effetti ombra nell'intorno degli aerogeneratori.

4. CONCLUSIONI

Per quanto concerne l'effetto "flicker", quindi, valutando i risultati ottenuti in relazione al contesto antropico locale, si può ragionevolmente affermare che il fenomeno non ha particolari riflessi negativi sul territorio, dove i primi fabbricati adibiti a civile abitazioni sono in numero limitato e a distanze sempre superiori a diverse centinaia di metri, distanze oltre le quali il fenomeno di ombreggiamento è praticamente modesto, infatti la media di ombreggiamento sui ricettori è pari ad 0:27 ora/giorno.

Pur nelle ipotesi conservative assunte, la probabilità che un osservatore sia soggetto al fenomeno non è significativa, se si riportano i risultati numerici ai casi reali con le dovute attenuazioni di origine morfologica e meteorologica del territorio.

TABULATI DI CALCOLO

SHADOW - Risultato principale

Calcolo: layout 2024-03-24

Assunzioni sui calcoli d'ombra

Distanza massima di influenza
Calcola solo quando oltre il 20% del sole è coperto dalla pala
Consultare la tabella delle WTG

Altezza minima del sole sull'orizzonte 3 °
Passo giornaliero del calcolo 1 giorni
Passo temporale del calcolo 1 minuti

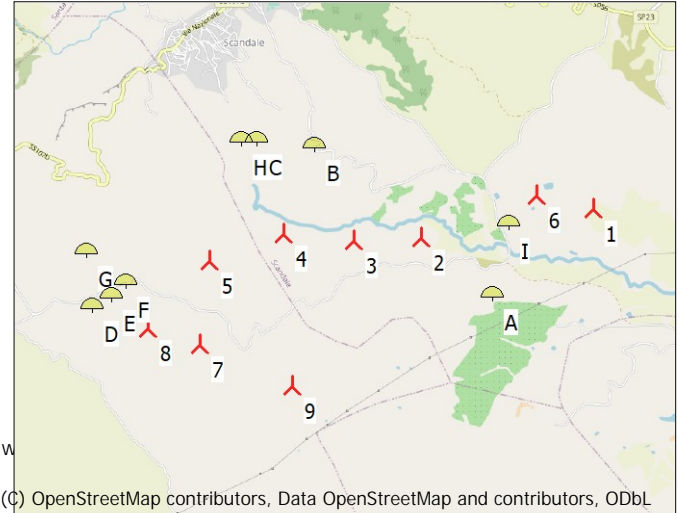
I tempi calcolati sono relativi al "caso peggiore", sulla base delle seguenti assunzioni:

- Il sole splende tutto il dì, dall'alba al tramonto
- Il piano del rotore è sempre perpendicolare alla linea tra WTG e sole
- La turbina è costantemente operativa

Per evitare di considerare l' ombreggiamento da WTG in realtà non direttamente visibili, prima del calcolo dell' ombra viene eseguito un calcolo ZVI. Quest' ultimo si basa sulle seguenti assunzioni.
Curve altimetriche usate: Height Contours: CONTOURLINE_ONLINEDATA_0.w
Risoluzione del grigliato: 1,0 m

Tutte le coordinate sono in
UTM (north)-WGS84 Zona: 33

WTG



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL

Scala 1:75.000
Nuova WTG Recettore d'ombra

	Easting	Northing	Z	Dati/Descrizione	Tipo di WTG		Tipo generatore	Potenza nominale	Diametro rotore	Altezza mozzo	Dati di ombra	
					Valida	Produttore					Distanza di calcolo	giri/min di calcolo
			[m]					[kW]	[m]	[m]	[m]	[giri/min]
1	673.297	4.330.600	140,0	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	
2	671.586	4.330.281	110,0	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	
3	670.928	4.330.240	125,6	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	
4	670.223	4.330.291	147,8	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	
5	669.490	4.329.998	150,0	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	
6	672.727	4.330.726	122,7	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	
7	669.424	4.329.177	103,6	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	
8	668.908	4.329.329	120,0	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	
9	670.345	4.328.789	150,0	Siemens Gamesa SG...Si	Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6.600	6.600	170,0	115,0	2.041	8,8	

Recettore d'ombra-Immissione dati

n.	Easting	Northing	Z	Ampiezza	Height	Altezza s.l.t.	Gradi Sud	Inclinazione della finestra	Modo orientazione	Altezza osservatore
			[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]		[m]
A	672.311	4.329.705	150,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0
B	670.513	4.331.142	239,1	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0
C	669.936	4.331.182	290,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0
D	668.346	4.329.506	116,7	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0
E	668.528	4.329.617	134,4	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0
F	668.672	4.329.756	128,3	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0
G	668.272	4.330.046	166,2	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0
H	669.786	4.331.178	300,0	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0
I	672.465	4.330.414	102,4	1,0	1,0	1,0	0,0	90,0	Monodirezionale	2,0

Risultati dei calcoli

Recettore d'ombra

Ombra, caso peggiore

n.	Ore d'ombra per anno	Giorni con ombra per anno	Massima durata dell'ombra per giorno
	[ore/anno]	[giorni/anno]	[ore/giorno]
A	0:00	0	0:00
B	0:00	0	0:00
C	0:00	0	0:00
D	75:27	88	1:08
E	178:17	125	1:47
F	48:50	74	0:59

continua alla pagina successiva...

SHADOW - Risultato principale

Calcolo: layout 2024-03-24

...continua dalla pagina precedente

Ombra, caso peggiore

n.	Ore d'ombra per anno	Giorni con ombra per anno	Massima durata dell'ombra per giorno
	[ore/anno]	[giorni/anno]	[ore/giorno]
G	12:11	41	0:28
H	0:00	0	0:00
I	31:21	56	0:47

Ombreggiamento totale sui recettori d'ombra causato da ciascuna WTG

n.	Nome	Caso peggiore [ore/anno]
1	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (125)	0:00
2	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (126)	30:34
3	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (127)	9:08
4	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (128)	0:00
5	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (129)	12:11
6	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (130)	0:00
7	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (131)	79:03
8	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (132)	233:50
9	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 115,0 m (TOT: 200,0 m) (133)	17:37

I tempi totali possono differire tra le tabelle per turbina e quelle per recettore, in quanto ciascuna WTG può dare ombreggiamento su 2 o più recettori contemporaneamente, e/o un recettore può subire ombreggiamento da 2 o più WTGs contemporaneamente.