



REGIONE
SICILIA



PROVINCIA DI
AGRIGENTO



COMUNE DI
NARO



COMUNE DI
LICATA

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
COMPOSTO DA 12 AEROGENERATORI DA 6.0 MW PER UNA POTENZA
COMPLESSIVA DI 72 MW SITO NEL COMUNE DI NARO (AG)
CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI NARO (AG) E LICATA (AG)**



<p>Proponente</p>	 <p>SIRIO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it</p>  				
<p>Progettazione</p>	 <p>Viale Michelangelo, 71 80129 Napoli TEL. 081 579 7998 mail: tecnico@inesr.it</p> <p>Amm. Francesco Di Maso Ing. Nicola Galdiero Ing. Pasquale Esposito</p> <p>Collaboratori: Ing. R. M. De Lucia Dott. G. Giardina Dott. Angelo Scuderi Eikon servizi per i beni culturali SAS Geol. V.E. Iervolino SR International Srl Arch. C. Gaudiero Ing. F. Quarto Ing. R. D'Onofrio Ing. M. Ciano</p>				
<p>Elaborato</p>	<p>Nome Elaborato:</p> <p style="text-align: center;">STUDIO EVOLUZIONE OMBRA (SHADOW FLICKERING)</p>				
<p>00</p>	<p>Ottobre 2023</p>	<p>PRIMA EMISSIONE</p>	<p>INSE Srl</p>	<p>INSE Srl</p>	<p>Sirio Rinnovabili s.r.l.</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala:</p>	<p>---</p>				
<p>Formato:</p>	<p>A4</p>	<p>Codice Pratica S314</p>	<p>Codice Elaborato</p>	<p>AS314-SIA09-R</p>	

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING		Cod. AS314-SIA09-R
	Data Ottobre 2023	Rev. 00	

Sommario

1	INTRODUZIONE ALLO SHADOW FLICKERING	2
2	PRINCIPALI PARAMETRI RICHIESTI PER IL CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING E SOFTWARE UTILIZZATI	4
3	ASPETTI NORMATIVI PER IL CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING.....	4
4	MODELLO CALCOLO DEGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING DEL PARCO EOLICO	6
5	INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI SENSIBILI	7
6	RISULTATI DELLE ELABORAZIONI E CONCLUSIONI.....	16
7	CONCLUSIONI.....	22

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING		Cod. AS314-SIA09-R
	Data Ottobre 2023	Rev. 00	

1 INTRODUZIONE ALLO SHADOW FLICKERING

Lo shadow flickering (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impegnata per descrivere l'effetto stroboscopico causato dal passaggio delle pale di una o più turbine eoliche attraverso i raggi del sole rispetto a recettori sensibili posti nelle loro immediate vicinanze. Il periodico cambiamento dell'intensità della luce in prossimità dei recettori sensibili deve essere calcolato in modo da determinare il potenziale periodo di ombreggiamento generato dalle turbine. Il fenomeno generato si traduce in una variazione alternativa dell'intensità luminosa, che a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni, in seguito recettori, le cui finestre risultino esposte al fenomeno.

Nella fattispecie i generatori utilizzati raggiungono una velocità di rotazione massima di 12 rpm quindi ampiamente inferiore di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

La lunghezza dell'ombra, generata dal passaggio delle pale attraverso i raggi del sole, dipende non solo dall'altitudine, ma dalla posizione del sole.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno dalle abitazioni, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestre rivolte verso le ombre. L'intensità del fenomeno è definita come la differenza di luminosità che si percepisce in presenza ed in assenza di flickering in una data posizione.

In generale si può affermare che:

- Avendo le pale una forma rastremata con spessore che cresce verso il mozzo, il fenomeno risulterà tanto più intenso quanto maggiore sarà la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto minore la distanza dal recettore.
- L'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale.
- Maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno nette, in tal caso l'effetto risulterà meno intenso e distinto.
- La presenza di schermature locali (come alberi interposti tra il recettore e la sorgente d'ombra) favorisce una diminuzione dell'effetto.

Il calcolo del potenziale periodo di ombreggiamento consiste nel determinare, attraverso software specifici, le ore di intermittenza annue cui ciascun recettore è sottoposto. Queste informazioni possono essere utilizzate per progettare e gestire la centrale eolica in modo da ridurre al minimo il disturbo causato alle persone.

Le condizioni per cui si formi l'ombra, e il recettore sia interessato da quest'ultima sono mostrate in Figura 1. Da questa figura si evince che, affinché il recettore sia interessato dall'ombra, si necessita che quest'ultimo abbia una finestra in direzione del campo eolico, il sole sia relativamente basso nel cielo e soprattutto lo stesso si trovi posizionato a valle dell'asse sole turbina.

L'analisi dello studio dell'ombreggiamento dei parchi eolici ha lo scopo di ridurre al minimo il disturbo causato dalle turbine ai recettori sensibili e consente di fornire al controller delle turbine o allo SCADA system la data e le ore in cui lo shadow flicker si manifesta così da poter, in casi particolarmente disagiati, fermare le turbine durante l'acutizzarsi del fenomeno.

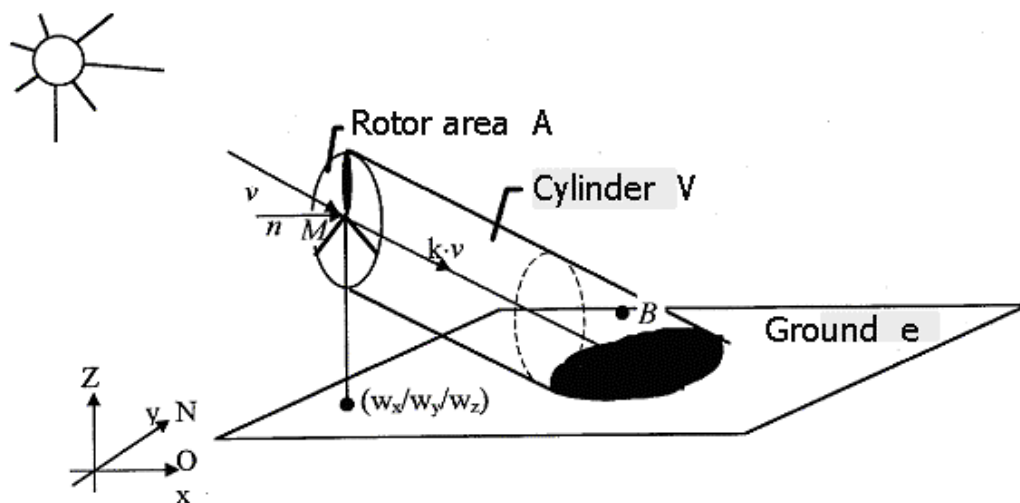


Figura 1 - Proiezione della turbina sul terreno

La figura successiva riporta l'evoluzione annuale dell'ombra di una turbina considerando il caso peggiore, che si manifesta nel momento in cui una pala sia sempre in rotazione intorno al mozzo, e orientate sempre ortogonalmente al sole durante la sua evoluzione giornaliera. Come si può evincere dal grafico, le ore annue di ombra sono sempre minori con l'aumentare della distanza dalla torre secondo una particolare geometria dettata dalla posizione geografica; da osservare che l'ombra arriva a proiettarsi anche sino ad una distanza di 1000m, anche se solo per pochi minuti all'anno.

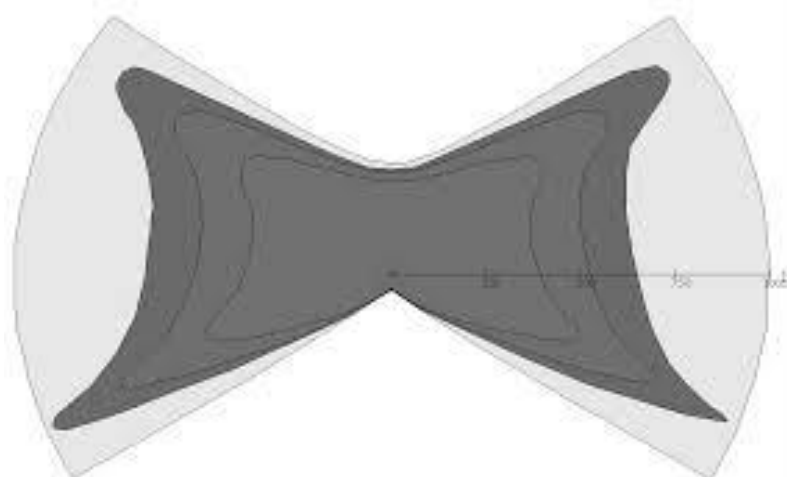


Figura 2 - Evoluzione annuale tipo dell'ombra di una pala

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING		Cod. AS314-SIA09-R
	Data Ottobre 2023	Rev. 00	

2 PRINCIPALI PARAMETRI RICHIESTI PER IL CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING E SOFTWARE UTILIZZATI

I pacchetti software impegnati per la progettazione di un parco eolico contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di flickering. I parametri principali richiesti dai modelli di calcolo per la determinazione degli effetti dovuti allo shadow -flickering del parco eolico sono:

1. La posizione delle turbine (coordinate x, y, z);
2. L'altezza al mozzo e il diametro del rotore della turbina scelta;
3. La posizione dei recettori sensibili (coordinate x, y, z);
4. Le dimensioni delle finestre dei recettori ed il loro orientamento;
5. L'orientamento rispetto al sud e l'angolo di tilt delle finestre dei recettori;
6. La posizione geografica (latitudine e longitudine), il fuso orario e l'ora legale della zona di interesse;
7. Un modello di simulazione contenente informazioni riguardo l'orbita della terra e la rotazione rispetto al sole;
8. Statistica di probabilità mensile di presenza del sole;
9. Un modello digitale del terreno;
10. L'angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento;
11. La distanza massima di estensione dell'ombra dietro la turbina;
12. Percentuale di copertura del sole dalla pala;
13. Intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento;
14. Scelta della rappresentazione del sole come "punto" o come "disco";

Questi parametri vengono usati per determinare l'accuratezza del calcolo e/o per specificare alcune restrizioni ai calcoli nel caso dei parametri relativi ai recettori.

I software utilizzati per il calcolo dello shadow -flickering possono essere svariati.

Per questo studio viene considerato il software WindFarm Release 5. Questo software, tramite il modulo "*shadow flickering*", consente di creare mappe per l'intermittenza dell'ombra e di analizzare l'intermittenza in punti specifici (recettori) attraverso la generazione di isolinee.

Nel presente studio verrà analizzato per primo il **worst-case** (il caso peggiore) impostando tutti i parametri del software su tale condizione. Il caso peggiore si ottiene considerando innanzitutto assimilando **il rotore** ad una vera e propria sfera con un off-set tra asse e rotore, **il sole** come disco e con l'asse del rotore allineato col sole e col punto recettore. Statisticamente questa potrebbe non essere la migliore rappresentazione della realtà, in quanto la distribuzione del vento, nei diversi settori della rosa dei venti, fa sì che il rotore non sia sempre orientato in corrispondenza dei recettori e soprattutto non sia sempre in movimento. Tali aspetti ci posizionano in un caso ideale di massima sicurezza ma comunque mai verificabile date le variazioni costanti della direzione del vento e le variazioni di velocità e calma della turbina nell'arco di una singola giornata ed ora.

3 ASPETTI NORMATIVI PER IL CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

Il presente documento si riferisce al progetto di un parco eolico nel Comune di Naro (Ag) nel territorio della Regione Sicilia. La normativa Regionale in materia di calcolo dell'ombreggiamento

provocato da turbine eoliche risulta essere estremamente carente, anche la normativa nazionale presenta le stesse lacune.

Pertanto, affinché sia possibile effettuare uno studio dello Shadow-Flickering abbastanza preciso, la normativa italiana dovrebbe fornire i seguenti parametri principali:

- L'angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento;
- La distanza limite fino a cui calcolare l'ombreggiamento dalla turbina;
- Percentuale di copertura del sole dalla pala;
- Intervallo di tempo per il calcolo dell'ombreggiamento;
- Limiti accettabili di ombreggiamento annuale.

Sulla base di quanto descritto, si evidenzia la carenza della Normativa Italiana e, nel caso in esame, per la definizione dei parametri necessari al calcolo dell'ombreggiamento. Pertanto, si utilizzerà un criterio quantitativo basato sulla determinazione di percentuali di ombreggiamento rispetto alle ore giornaliere e di luce nell'arco annuale.

Il presente studio prenderà in considerazione il lay-out dell'impianto con turbine di nuova generazione con diametro da 162 m ed un'altezza al mozzo di 119 m per un'altezza complessiva di 200 metri.

Di seguito si riportano le coordinate in WGS-84 dei singoli aerogeneratori:

ID WTG	Coordinate WGS 84 UTM33		Caratteristiche turbina			Altitudine (m.s.l.m)	Altezza TIP (m.s.l.m)
	Long. EST (m)	Long. NORD (m)	Modello WTG	Altezza mozzo (m)	Altezza TIP (m)		
NA01	401783,53	4128545,08	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	343	543
NA02	401332,49	4127670,09	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	321	521
NA03	399870,02	4125695,96	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	301	501
NA04	400610,55	4126357,58	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	316	516
NA05	400872,20	4124939,12	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	292	492
NA06	399000,07	4126919,07	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	332	532
NA07	398973,99	4125927,20	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	317	517
NA08	398250,00	4123794,00	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	327	527
NA09	396057,69	4122815,02	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	283	483
NA10	395399,23	4124070,03	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	255	455
NA11	397870,31	4122232,50	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	286	486
NA12	397885,00	4123190,00	Vestas 6.0 MW - 162	119	200	335	535

Tabella 1 – Coordinate in WGS-84 degli aerogeneratori

Pertanto, per lo studio dell'effetto di ombreggiamento si utilizzeranno i parametri definiti nel prossimo capitolo, che oltretutto, come spiegato successivamente in dettaglio, risultano essere tra i più restrittivi che si possano considerare.

4 MODELLO CALCOLO DEGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING DEL PARCO EOLICO

L'analisi si basa sull'impegno di un modello digitale del terreno per la simulazione dell'orografia del suolo.

I parametri utilizzati per il calcolo e inseriti nel software sono:

1. Angolo minimo del sole rispetto all'orizzonte da cui calcolare l'ombreggiamento = 2°
2. Distanza limite fino a cui calcolare l'ombreggiamento dalla turbina = 1,0 km.
3. Statistica di probabilità mensile di presenza di sole dedotta (descritta in seguito)
4. Curve di livello rilevate dalla CTR 1:5000 della Regione Sicilia
5. Modello delle turbine Vestas V162

In relazione al punto 1 il valore di 2° è stato desunto da bibliografia e risulta anche essere il parametro di default impostato dal software. Si usa in genere questo valore poiché per angoli inferiori la luce, dovendo passare attraverso uno strato di atmosfera più spesso, diventa molto diffusa e non riesce quindi a formare un'ombra. Il parametro risulta molto restrittivo ai fini del calcolo.

In relazione al punto 2 la scelta di considerare un valore di 1000m, come da bibliografia, riportano che ad una distanza massima di 1,0 Km, in piano, gli effetti dell'ombreggiamento risultano trascurabili. Questa scelta arbitraria è stata fatta sulla base del fatto che non è ancora stabilito dalla normativa quale sia la distanza massima dalla turbina a cui si risente ancora dell'ombreggiamento.

In relazione al punto 3 la statistica di probabilità mensile di presenza del sole è stata dedotta da una stazione meteorologica più vicina in cui sono state reperiti dati di soleggiamento (Stazione di Gela (CL)-cfr. "Reparto di Sperimentazioni di Meteorologia Aeronautica- **La radiazione solare globale e la durata del soleggiamento in Italia dal 1991 al 2010**") da cui sono state dedotte le probabilità mensili di soleggiamento qui di seguito riportate:

Mesi	Valori medi mensili delle ore giornaliere di soleggiamento (ore/giorno)	Ore di soleggiamento mensili	Ore totali mensili	% soleggiamento su ore mensili
Gennaio	5,51	170,81	744	22,96
Febbraio	6,31	176,68	672	26,29
Marzo	7,13	221,03	744	29,71
Aprile	8,14	244,2	720	33,92
Maggio	9,72	301,32	744	40,50
Giugno	10,64	319,2	720	44,33
Luglio	11,43	354,33	744	47,63
Agosto	10,75	333,25	744	44,79
Settembre	8,66	259,8	720	36,08
Ottobre	7,19	222,89	744	29,96
Novembre	6,07	182,1	720	25,29

Dicembre	5,09	157,79	744	21,21
TOT		2943	8760	33,56

Tabella 2 - Ore di soleggiamento mensile

Il calcolo dell'ombreggiamento è stato fatto utilizzando le condizioni al contorno semplificate, che comportano una situazione quanto più peggiorativa possibile (Worst-case) rispetto al caso reale, in particolare:

- Il cielo è considerato sempre chiaro e limpido e quindi non si considerano nubi, nebbia o qualsiasi ostacolo;
- Le turbine sono sempre in rotazione;
- Il rotore delle turbine è sempre orientato in direzione del recettore;
- Non sono considerati eventuali ostacoli come alberi o palazzi;
- Asse del rotore allineato con il sole.

I calcoli effettuati per l'ombreggiamento rappresentano un approccio molto conservativo e di conseguenza peggiorativo, per questo denominato "**worst case**", in cui la situazione reale risulterà ben al di sotto dei risultati ottenuti.

Per valutare l'effetto del fenomeno, sono stati individuati i ricettori sensibili che interferiscono con le isolinee di ombreggiamento e sono state calcolate le ore di ombreggiamento sulle finestre "tipo" delle pareti esposte al fenomeno.

5 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI SENSIBILI

Ai fini della previsione degli impatti indotti dell'impianto in oggetto sono stati individuati i "recettori sensibili" nelle immediate vicinanze del parco eolico che possono essere soggetti a tale fenomeno. Tali ricettori rappresentano abitazioni e fabbricati definiti come tali dalle visure catastali e dalle condizioni di abitabilità.

Il fenomeno diventa fastidioso in presenza di aperture trasparenti nella direzione dell'asse turbina-sole. Per questo motivo sono state inserite, per ogni singolo ricettore, 4 finestre (una per ogni facciata) di altezza 1 metro, larghezza 1 metro e altezza dal suolo 2 metri.

Di seguito sono riportati i riferimenti geografici di tutti i 271 ricettori individuati con l'indicazione della sensibilità o meno in funzione delle categorie catastali e delle caratteristiche di abitabilità dei beni.

COMUNE	CODIFICA	SENSIBILE	Est	Nord
CAMASTRA	R001	NO	394778	4124027
CAMASTRA	R002	NO	394809	4124043
CAMASTRA	R003	NO	394900	4124009
CAMASTRA	R004	SI	394939	4124019
CAMASTRA	R005	NO	395026	4124248
CAMASTRA	R006	NO	394647	4124388
CAMASTRA	R007	NO	395137	4124611
CAMASTRA	R008	NO	395120	4124172

CAMASTRA	R009	NO	395613	4124767
CAMASTRA	R010	NO	394698	4124730
CAMASTRA	R011	NO	394777	4124471
CAMASTRA	R012	NO	395487	4124905
CAMASTRA	R013	NO	395244	4124956
CAMASTRA	R014	NO	395285	4124717
CAMASTRA	R015	NO	395009	4124722
CAMASTRA	R016	NO	394839	4124756
CAMASTRA	R017	NO	394651	4124602
CAMPOBELLO DI LICATA	R018	SI	401310	4125504
CAMPOBELLO DI LICATA	R019	NO	401347	4125526
CAMPOBELLO DI LICATA	R020	NO	401379	4125547
CAMPOBELLO DI LICATA	R021	NO	401418	4125535
CAMPOBELLO DI LICATA	R022	NO	401466	4125521
CAMPOBELLO DI LICATA	R023	NO	401432	4125446
CAMPOBELLO DI LICATA	R024	SI	401433	4125342
CAMPOBELLO DI LICATA	R025	SI	401540	4125301
CAMPOBELLO DI LICATA	R026	NO	401679	4125212
CAMPOBELLO DI LICATA	R027	NO	401371	4125558
CAMPOBELLO DI LICATA	R028	NO	401654	4125518
CAMPOBELLO DI LICATA	R029	NO	401702	4125178
CAMPOBELLO DI LICATA	R030	SI	401748	4125155
CAMPOBELLO DI LICATA	R031	NO	401801	4124938
CAMPOBELLO DI LICATA	R032	NO	401721	4124738
CAMPOBELLO DI LICATA	R033	NO	401722	4124703
CAMPOBELLO DI LICATA	R034	NO	401709	4124787
CAMPOBELLO DI LICATA	R035	NO	401202	4125471
CAMPOBELLO DI LICATA	R036	SI	401209	4124332
CAMPOBELLO DI LICATA	R037	NO	401090	4124236
CAMPOBELLO DI LICATA	R038	NO	401048	4124261
CAMPOBELLO DI LICATA	R039	NO	400989	4124268
CAMPOBELLO DI LICATA	R040	NO	401024	4124323
CAMPOBELLO DI LICATA	R041	NO	401088	4124345
CAMPOBELLO DI LICATA	R042	NO	400812	4124356
CAMPOBELLO DI LICATA	R043	SI	400730	4124156
CAMPOBELLO DI LICATA	R044	NO	400758	4124126
CAMPOBELLO DI LICATA	R045	NO	400812	4124127
CAMPOBELLO DI LICATA	R046	NO	400830	4124088
CAMPOBELLO DI LICATA	R047	NO	401004	4124065
CAMPOBELLO DI LICATA	R048	NO	400906	4123953
CAMPOBELLO DI LICATA	R049	NO	400780	4123985
CAMPOBELLO DI LICATA	R050	NO	400617	4124115

CAMPOBELLO DI LICATA	R051	NO	401164	4125363
CAMPOBELLO DI LICATA	R052	SI	398735	4122053
CAMPOBELLO DI LICATA	R053	NO	398514	4121557
CAMPOBELLO DI LICATA	R054	NO	401197	4125278
CAMPOBELLO DI LICATA	R055	NO	401125	4125540
CAMPOBELLO DI LICATA	R056	SI	401325	4124100
CAMPOBELLO DI LICATA	R057	SI	401437	4124133
NARO	R058	NO	401015	4128031
NARO	R059	NO	401151	4128113
NARO	R060	NO	400859	4128249
NARO	R061	NO	401001	4128618
NARO	R062	NO	401021	4129161
NARO	R063	NO	401191	4129303
NARO	R064	SI	401209	4129282
NARO	R065	NO	401238	4129258
NARO	R066	NO	401296	4129248
NARO	R067	NO	401495	4128896
NARO	R068	NO	401598	4128929
NARO	R069	NO	401505	4129167
NARO	R070	SI	401606	4129310
NARO	R071	SI	401888	4129519
NARO	R072	SI	401752	4129310
NARO	R073	NO	401909	4129237
NARO	R074	NO	401752	4129161
NARO	R075	NO	402712	4128526
NARO	R076	NO	401295	4129065
NARO	R077	NO	401789	4127562
NARO	R078	SI	400719	4128108
NARO	R079	NO	400391	4127899
NARO	R080	SI	400844	4127129
NARO	R081	NO	401132	4127060
NARO	R082	NO	401044	4127025
NARO	R083	NO	400942	4126809
NARO	R084	NO	401696	4127274
NARO	R085	SI	401772	4127278
NARO	R086	SI	401811	4127456
NARO	R087	NO	401735	4127522
NARO	R088	SI	401900	4127515
NARO	R089	NO	402022	4127543
NARO	R090	SI	402163	4127523
NARO	R091	SI	402282	4127525
NARO	R092	NO	402215	4127437

NARO	R093	NO	402144	4127175
NARO	R094	NO	402077	4127187
NARO	R095	NO	402105	4127263
NARO	R096	NO	402106	4127329
NARO	R097	NO	402075	4127341
NARO	R098	SI	401983	4127190
NARO	R099	NO	401929	4127265
NARO	R100	NO	401845	4127180
NARO	R101	NO	401915	4127028
NARO	R102	SI	402021	4126947
NARO	R103	SI	401544	4126648
NARO	R104	SI	401576	4126442
NARO	R105	NO	401464	4126312
NARO	R106	NO	401541	4126240
NARO	R107	NO	401540	4126144
NARO	R108	NO	401559	4126136
NARO	R109	NO	400751	4125783
NARO	R110	NO	400328	4126132
NARO	R111	NO	400129	4126232
NARO	R112	NO	399997	4126340
NARO	R113	SI	399901	4126645
NARO	R114	NO	400930	4126200
NARO	R115	SI	400243	4126556
NARO	R116	NO	400119	4126445
NARO	R117	NO	400093	4127149
NARO	R118	NO	400355	4126607
NARO	R119	SI	399623	4126207
NARO	R120	NO	400472	4124242
NARO	R121	SI	400242	4124326
NARO	R122	NO	400188	4124498
NARO	R123	NO	400223	4124477
NARO	R124	SI	400044	4124668
NARO	R125	SI	400606	4124467
NARO	R126	NO	400027	4124947
NARO	R127	SI	399677	4125045
NARO	R128	NO	399627	4125076
NARO	R129	NO	399738	4125133
NARO	R130	NO	399795	4125136
NARO	R131	SI	399568	4125131
NARO	R132	SI	398819	4125173
NARO	R133	SI	398423	4125542
NARO	R134	SI	398525	4125655

NARO	R135	NO	398297	4125665
NARO	R136	NO	398287	4125772
NARO	R137	NO	398337	4125700
NARO	R138	NO	398034	4125772
NARO	R139	NO	398284	4125955
NARO	R140	NO	398143	4126110
NARO	R141	NO	398138	4126160
NARO	R142	NO	398177	4126258
NARO	R143	NO	398286	4126404
NARO	R144	SI	398731	4127337
NARO	R145	NO	398596	4127250
NARO	R146	NO	399779	4126814
NARO	R147	SI	399511	4126944
NARO	R148	SI	399520	4127204
NARO	R149	SI	399684	4127208
NARO	R150	NO	399633	4127341
NARO	R151	SI	399522	4127326
NARO	R152	NO	399466	4127320
NARO	R153	NO	399442	4127476
NARO	R154	NO	399491	4127568
NARO	R155	NO	399632	4127666
NARO	R156	NO	398881	4127586
NARO	R157	SI	398934	4127794
NARO	R158	SI	399198	4123920
NARO	R159	SI	399354	4124267
NARO	R160	SI	398930	4124274
NARO	R161	NO	398593	4124220
NARO	R162	NO	398438	4124553
NARO	R163	NO	398436	4124443
NARO	R164	NO	398567	4124654
NARO	R165	NO	398586	4124595
NARO	R166	NO	398321	4124787
NARO	R167	NO	398102	4124530
NARO	R168	NO	397990	4124215
NARO	R169	NO	398298	4124318
NARO	R170	NO	398363	4124149
NARO	R171	NO	397703	4124433
NARO	R172	NO	397745	4124553
NARO	R173	NO	397463	4124149
NARO	R174	NO	397510	4123928
NARO	R175	SI	397512	4123781
NARO	R176	NO	397916	4123468

NARO	R177	NO	397766	4123243
NARO	R178	NO	398455	4123311
NARO	R179	NO	398180	4123302
NARO	R180	NO	397290	4121643
NARO	R181	NO	396946	4121904
NARO	R182	NO	396890	4122162
NARO	R183	SI	397111	4122360
NARO	R184	NO	397279	4122465
NARO	R185	NO	397332	4122555
NARO	R186	NO	397413	4122501
NARO	R187	NO	397524	4122558
NARO	R188	SI	397670	4122719
NARO	R189	SI	397272	4122855
NARO	R190	SI	397141	4122836
NARO	R191	NO	397377	4122603
NARO	R192	SI	397261	4122610
NARO	R193	NO	396908	4122489
NARO	R194	NO	397667	4122991
NARO	R195	NO	396718	4122283
NARO	R196	SI	396751	4122361
NARO	R197	NO	395946	4121888
NARO	R198	NO	395821	4121880
NARO	R199	NO	395735	4121879
NARO	R200	NO	396037	4122005
NARO	R201	SI	396193	4121998
NARO	R202	SI	396506	4123100
NARO	R203	NO	396440	4123112
NARO	R204	NO	396345	4123070
NARO	R205	NO	396346	4123220
NARO	R206	SI	396691	4123283
NARO	R207	SI	396592	4123553
NARO	R208	SI	396432	4123549
NARO	R209	SI	396108	4123672
NARO	R210	NO	395516	4123612
NARO	R211	NO	395471	4122343
NARO	R212	SI	394899	4123863
NARO	R213	NO	396092	4124272
NARO	R214	NO	396172	4124349
NARO	R215	NO	395927	4124617
NARO	R216	NO	395879	4124592
NARO	R217	NO	396193	4123871
NARO	R218	NO	396001	4123849

NARO	R219	NO	396093	4123888
NARO	R220	NO	395129	4123748
NARO	R221	NO	395241	4123716
NARO	R222	NO	395605	4123795
NARO	R223	NO	395913	4123640
NARO	R224	NO	401983	4129031
NARO	R225	NO	402590	4128454
NARO	R226	NO	401341	4128999
NARO	R227	NO	400887	4127685
NARO	R228	NO	401234	4127172
NARO	R229	SI	402316	4127646
NARO	R230	NO	400142	4124855
NARO	R231	NO	398362	4125881
NARO	R232	NO	398780	4127080
NARO	R233	NO	399496	4127429
NARO	R234	NO	399735	4127490
NARO	R235	NO	399405	4127616
NARO	R236	NO	399253	4124039
NARO	R237	NO	398786	4124224
NARO	R238	NO	398801	4124395
NARO	R239	NO	398646	4124036
NARO	R240	NO	398279	4123482
NARO	R241	NO	397373	4123605
NARO	R242	NO	397087	4123572
NARO	R243	NO	397100	4123483
NARO	R244	NO	397136	4123505
NARO	R245	NO	397370	4123686
NARO	R246	NO	397334	4123614
NARO	R247	NO	397408	4123611
NARO	R248	NO	397768	4122244
NARO	R249	SI	396688	4122483
NARO	R250	NO	396734	4122580
NARO	R251	SI	396958	4122817
NARO	R252	NO	396265	4124542
CAMPOBELLO DI LICATA	R253	NO	401376	4124286
NARO	R254	NO	400804	4126770
NARO	R255	NO	395454	4124240
NARO	R256	SI	396073	4123371
NARO	R257	SI	396799	4123436
NARO	R258	NO	397118	4121644
NARO	R259	NO	397123	4121801
NARO	R260	NO	400506	4127845



CAMASTRA	R261	NO	395308	4124907
CAMASTRA	R262	NO	395389	4124876
CAMASTRA	R263	NO	394989	4124940
NARO	R264	NO	395514	4123641
NARO	R265	NO	395541	4123670
NARO	R266	NO	395828	4123639
NARO	R267	NO	395859	4123684
NARO	R268	NO	396136	4124643
NARO	R269	NO	397252	4123810
CAMPOBELLO DI LICATA	R270	NO	401777	4125356
CAMPOBELLO DI LICATA	R271	NO	401724	4124849

Tabella 3 - Ricettori nell'area di studio

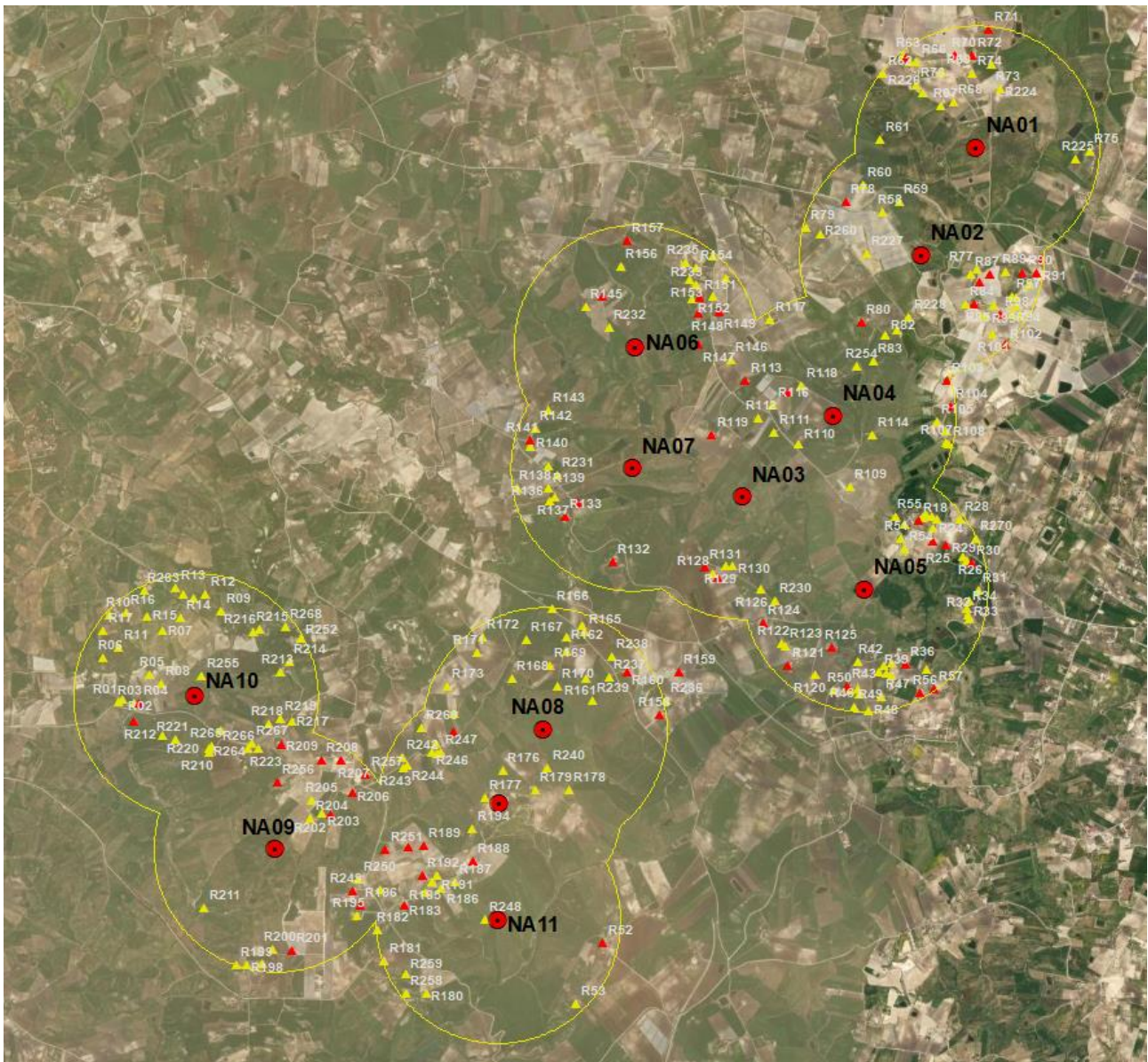


Figura 3 - Individuazione dei ricettori nell'area di studio. In rosso i ricettori sensibili, in giallo i non sensibili

In particolare, sono stati considerati tutti gli edifici rientranti nella distanza di 1000 mt dall'aerogeneratore classificati sensibili poiché appartenenti alle categorie catastali da A1 a A10 e quelle classificate come D10 che abbiano condizioni di abitabilità. Pertanto, restano in valutazione 64 ricettori; di questi si riporta anche l'orientamento delle finestre considerate per il calcolo del fenomeno stroboscopico:

ID_Shadow	CODIFICA	SENSIBILE	Est	Nord	Finestre			
1	R004	SI	394939	4124019	80	170	260	350
2	R018	SI	401310	4125504	10	100	190	280
3	R024	SI	401433	4125342	20	110	200	290
4	R025	SI	401540	4125301	20	110	200	290
5	R030	SI	401748	4125155	20	110	200	290
6	R036	SI	401209	4124332	20	110	200	290
7	R043	SI	400730	4124156	85	175	265	355
8	R052	SI	398735	4122053	20	110	200	290
9	R056	SI	401325	4124100	0	90	180	270
10	R057	SI	401437	4124133	70	160	250	340
11	R064	SI	401209	4129282	45	135	225	315
12	R070	SI	401606	4129310	30	120	210	300
13	R071	SI	401888	4129519	0	90	180	270
14	R072	SI	401752	4129310	0	90	180	270
15	R078	SI	400719	4128108	10	100	190	280
16	R080	SI	400844	4127129	30	120	210	300
17	R085	SI	401772	4127278	45	135	225	315
18	R086	SI	401811	4127456	30	120	210	300
19	R088	SI	401900	4127515	20	110	200	290
20	R090	SI	402163	4127523	20	110	200	290
21	R091	SI	402282	4127525	20	110	200	290
22	R098	SI	401983	4127190	0	90	180	270
23	R102	SI	402021	4126947	40	130	220	310
24	R103	SI	401544	4126648	30	120	210	300
25	R104	SI	401576	4126442	20	110	200	290
26	R113	SI	399901	4126645	30	120	210	300
27	R115	SI	400243	4126556	70	160	250	340
28	R119	SI	399623	4126207	45	135	225	315
29	R121	SI	400242	4124326	80	170	260	350
30	R124	SI	400044	4124668	80	170	260	350
31	R125	SI	400606	4124467	10	100	190	280
32	R127	SI	399677	4125045	10	100	190	280
33	R131	SI	399568	4125131	10	100	190	280
34	R132	SI	398819	4125173	45	135	225	315

35	R133	SI	398423	4125542	80	170	260	350
36	R134	SI	398525	4125655	20	110	200	290
37	R144	SI	398731	4127337	80	170	260	350
38	R147	SI	399511	4126944	70	160	250	340
39	R148	SI	399520	4127204	10	100	190	280
40	R149	SI	399684	4127208	70	160	250	340
41	R151	SI	399522	4127326	0	90	180	270
42	R157	SI	398934	4127794	40	130	220	310
43	R158	SI	399198	4123920	40	130	220	310
44	R159	SI	399354	4124267	30	120	210	300
45	R160	SI	398930	4124274	45	135	225	315
46	R175	SI	397512	4123781	80	170	260	350
47	R183	SI	397111	4122360	80	170	260	350
48	R188	SI	397670	4122719	45	135	225	315
49	R189	SI	397272	4122855	70	160	250	340
50	R190	SI	397141	4122836	45	135	225	315
51	R192	SI	397261	4122610	70	160	250	340
52	R196	SI	396751	4122361	0	90	180	270
53	R201	SI	396193	4121998	80	170	260	350
54	R202	SI	396506	4123100	10	100	190	280
55	R206	SI	396691	4123283	30	120	210	300
56	R207	SI	396592	4123553	80	170	260	350
57	R208	SI	396432	4123549	0	90	180	270
58	R209	SI	396108	4123672	30	120	210	300
59	R212	SI	394899	4123863	70	160	250	340
60	R229	SI	402316	4127646	70	160	250	340
61	R249	SI	396688	4122483	0	90	180	270
62	R251	SI	396958	4122817	55	145	235	325
63	R256	SI	396073	4123371	45	135	225	315
64	R257	SI	396799	4123436	35	125	215	305

Tabella 4 - Tabella riepilogativa dei ricettori sensibili con orientamento delle finestre

Per un approfondimento sulla tipologia di ricettore si rimanda alla tavola “AS314-SIA07-D_Individuazione dei ricettori nell'area di studio” e “AS314-SIA08-D_Schede report dei fabbricati e ricettori nell'area di studio”.

6 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI E CONCLUSIONI

Le elaborazioni per il calcolo dell'ombreggiamento provocato dalle turbine eoliche sono state condotte considerando un totale di 64 ricettori sensibili posti nell'area del parco.

Al di là di una certa distanza, l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala e il diametro del sole diventa infinitesimamente piccolo, da poter essere trascurato.

Siccome non vi è un valore, generalmente accettato, per questa distanza massima, il modulo utilizzato permette di specificare il limite in metri o multipli del diametro della turbina. Nel caso specifico è stata considerata una distanza dalla turbina di 1000m. Il modello numerico utilizzato, al pari di altri presenti sul mercato, produce in output una mappa dell' impatto dell'ombra sul terreno, nel caso più penalizzante denominato "worst case", corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (**circa 4380 h/a di luce**), indipendentemente dalla presenza o meno di nubi, le quali inficerebbero il fenomeno stesso di shadow flickering per impossibilità che si generi il fenomeno di flickering, oltre agli input specificati precedentemente, che rendono il caso in oggetto nettamente peggiorativo, ma soprattutto considerano le turbine sempre in movimento ed alla massima rotazione del rotore.

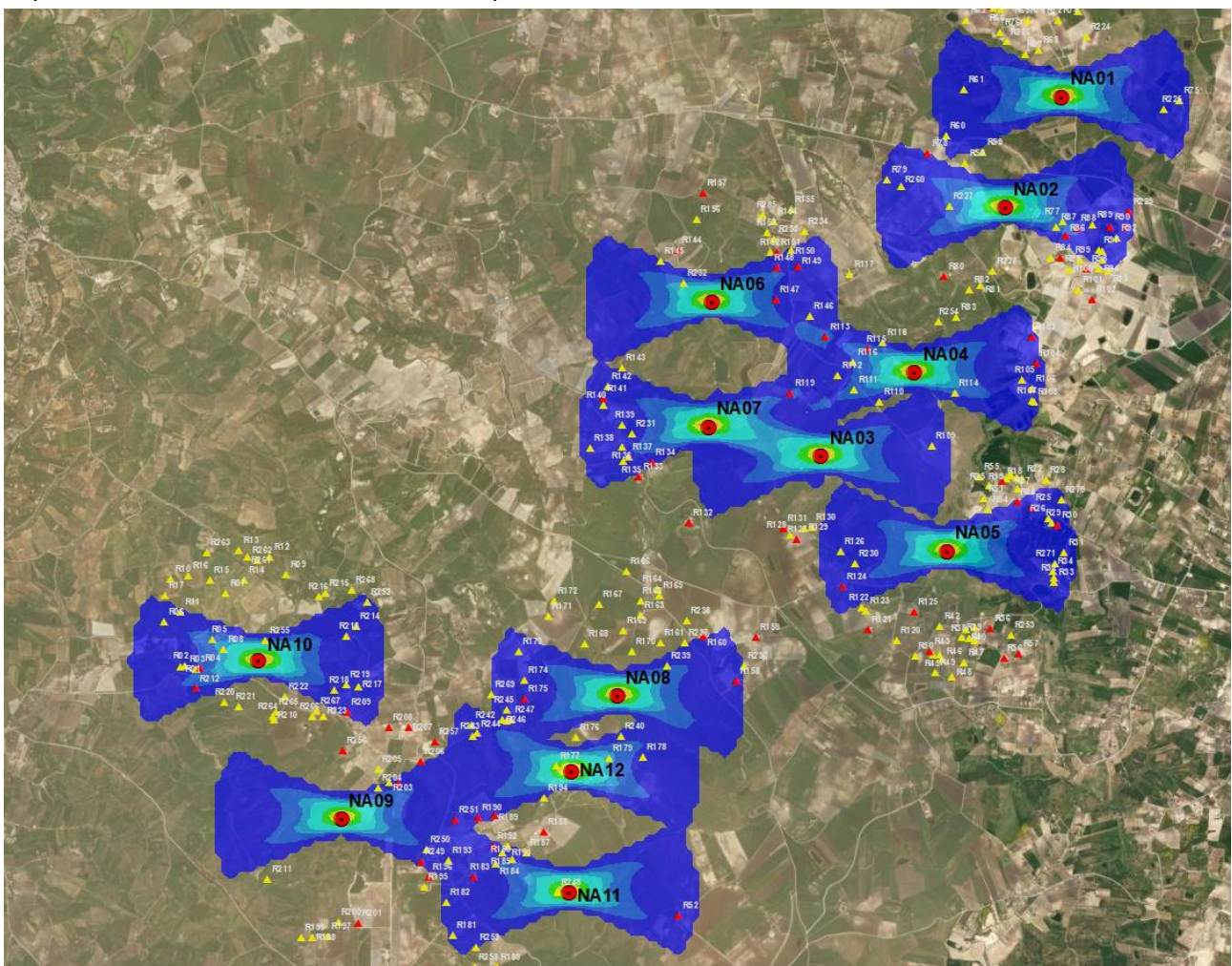


Figura 4 - Visualizzazione mappa delle ombre generate

Dall'analisi dei risultati cartografici (riportati in allegato) si nota che tanti ricettori sono esterni alle curve di ombreggiamento e quindi non subiscono alcun ombreggiamento. Dall'analisi degli ombreggiamenti per singola finestra e per intero ricettore, che si allega in coda alla presente relazione, si riscontra che 20 ricettori superano le 30 h/anno di ombreggiamento di cui solo 14 ricettori superano la curva delle 50 h/anno di ombreggiamento.

Oltre alla restituzione cartografica si è calcolato l'ombreggiamento in ore/anno su finestre "tipo" dei prospetti più esposti. Ad ogni ricettore è stato assegnato un id shadow per l'elaborazione con software come riportato in tabella 4.

```
Project : NARO
Run Name : KNARO001.WFK
Title : ShadowNaro
Time : 15:41:59, 20 Oct 2023
```

SUMMARY OF MERGED SHADOW TIMES ON EACH HOUSE FROM ALL TURBINES

House	Easting	Northing	Days per year	Max hours per day	Mean hours per day	Total hours
1	394939	4124019	119	1.34	1.01	120.54
2	401310	4125504	0	0.00	0.00	0.00
3	401433	4125342	0	0.00	0.00	0.00
4	401540	4125300	75	0.84	0.70	52.40
5	401747	4125155	63	0.73	0.57	35.83
6	401209	4124332	0	0.00	0.00	0.00
7	400729	4124156	0	0.00	0.00	0.00
8	398735	4122053	69	0.64	0.52	35.82
9	401324	4124100	0	0.00	0.00	0.00
10	401437	4124132	0	0.00	0.00	0.00
11	401209	4129282	0	0.00	0.00	0.00
12	401606	4129309	0	0.00	0.00	0.00
13	401888	4129519	0	0.00	0.00	0.00
14	401752	4129310	0	0.00	0.00	0.00
15	400718	4128107	0	0.00	0.00	0.00
16	400844	4127129	0	0.00	0.00	0.00
17	401771	4127278	0	0.00	0.00	0.00
18	401811	4127456	94	1.15	0.97	90.76
19	401899	4127514	142	1.06	0.83	117.67
20	402163	4127522	69	0.60	0.48	33.38
21	402282	4127525	58	0.55	0.44	25.30
22	401982	4127189	0	0.00	0.00	0.00
23	402020	4126947	0	0.00	0.00	0.00
24	401544	4126648	67	0.66	0.52	34.83
25	401575	4126442	53	0.66	0.51	27.03
26	399901	4126645	210	0.82	0.61	126.60
27	400243	4126556	116	1.46	1.25	145.17
28	399623	4126207	165	0.89	0.69	114.29
29	400241	4124326	0	0.00	0.00	0.00
30	400043	4124667	115	0.69	0.55	63.31
31	400605	4124467	0	0.00	0.00	0.00
32	399676	4125045	0	0.00	0.00	0.00
33	399567	4125130	0	0.00	0.00	0.00
34	398819	4125172	0	0.00	0.00	0.00
35	398422	4125542	0	0.00	0.00	0.00
36	398525	4125655	15	0.27	0.21	3.19
37	398731	4127337	0	0.00	0.00	0.00
38	399511	4126944	95	1.21	0.95	90.06
39	399519	4127203	88	1.02	0.88	77.71
40	399684	4127207	109	0.84	0.73	79.16
41	399522	4127326	0	0.00	0.00	0.00
42	398934	4127793	0	0.00	0.00	0.00
43	399197	4123920	54	0.68	0.53	28.83
44	399354	4124266	0	0.00	0.00	0.00
45	398929	4124273	0	0.00	0.00	0.00
46	397511	4123780	68	0.87	0.68	46.16
47	397111	4122360	67	0.84	0.66	44.21
48	397670	4122719	0	0.00	0.00	0.00
49	397272	4122855	11	0.17	0.13	1.46
50	397141	4122835	53	0.62	0.50	26.59
51	397261	4122609	38	0.53	0.42	16.10
52	396751	4122361	0	0.00	0.00	0.00
53	396192	4121998	0	0.00	0.00	0.00
54	396505	4123100	68	0.98	0.80	54.40
55	396690	4123283	0	0.00	0.00	0.00
56	396591	4123553	0	0.00	0.00	0.00

Project : NARO
 Run Name : KNARO001.WFK
 Title : ShadowNaro
 Time : 15:41:59, 20 Oct 2023

57	396432	4123549	0	0.00	0.00	0.00
58	396107	4123671	24	0.16	0.12	2.87
59	394898	4123862	95	1.10	0.95	90.33
60	402316	4127646	53	0.65	0.49	26.18
61	396688	4122482	42	0.55	0.45	18.79
62	396958	4122817	135	0.72	0.56	75.98
63	396073	4123370	0	0.00	0.00	0.00
64	396799	4123436	0	0.00	0.00	0.00

Tabella 5 - Ore di ombreggiamento caso worst case

Nel momento in cui nel calcolo, verrà considerato anche la percentuale annua di giorni nuvolosi l'impatto in termini di ore di ombreggiamento annua risulterà minore dei risultati ottenuti. Ulteriori indagini andranno condotte al fine di verificare se i recettori sensibili che subiscono più ombreggiamento non abbiano schermi naturali quali alberi o costruzioni varie che riducono l'impatto stesso, allo stesso tempo bisognerà verificare il posizionamento degli infissi qualora non fossero rivolti verso le turbine che porterebbe l'impatto ad annullarsi. Qualora questi recettori sensibili evidenzino problematiche derivanti da questo impatto è possibile che lo sviluppatore pianifichi alcune mitigazioni in fase di progettazione esecutiva del parco, come ad esempio piantare alberi addizionali allo scopo di schermare l'ombreggiamento verso le finestre più esposte.

Per le motivazioni di cui sopra, allo scopo di pervenire a valori più realistici di impatto, prossimi al caso reale (denominato REAL CASE), si è impiegato il valore di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno.

Per l'area in esame tale valore di soleggiamento corrisponde a circa 2943 h/yr (rispetto alle 4380 h/yr considerate nel worst - case). I risultati del calcolo possono, ragionevolmente, essere abbattuti mediamente del 32,8 %, pari al complemento a 1 del rapporto $2675/4380 = 67,2$ %. In altri termini, rispetto al WORST CASE, la probabilità di occorrenza del fenomeno di shadow flickering si riduce, per l'area in esame, al 67,20 % che corrisponde proprio alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi. Tale valore percentuale è un valore mediato nell'intero anno.

Altro fattore da considerare ai fini dell'effetto stroboscopico è la distribuzione di frequenza di velocità del vento nell'area in esame. Come riportato nelle schede tecniche degli aerogeneratori, il cut-in è fissato a 3m/s. Per velocità più basse di tale valore, le turbine non sono in movimento e non generano effetto flickering.

Nell'ottica di tutela nei confronti delle strutture in analisi, in considerazione dei dati in frequenza registrati per tutti i range di velocità del vento inferiore alla velocità media di cut-in delle turbine (range di velocità per la quale gli aerogeneratori non entrano in esercizio), considerata nel solo periodo diurno 06:00/19:00 cui l'effetto SH/FL potrebbe manifestarsi, è stata calcolata e quindi decurtata una percentuale pari al 28.3% nella stima più verosimile rappresentata dal "Real Case".

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING		Cod. AS314-SIA09-R	
	Data Ottobre 2023	Rev. 00		

Bisogna tenere presente che tale riduzione si è ottenuta solo ed esclusivamente considerando le condizioni meteorologiche assimilabili a quelle reali della zona in esame in riferimento alla presenza del sole e della distribuzione di velocità del vento nell'area di studio. Per tale motivo, il calcolo, nel caso real-case, è comunque da considerarsi molto cautelativo in quanto nella simulazione vengono comunque utilizzate le condizioni al contorno del worst - case indicate nel capitolo 4. I nuovi valori, alla luce delle considerazioni appena fatte, sono stati riportati nella seguente tabella:

Id. Shadow	Ricettore	Giorni in cui si verifica il fenomeno	Media ore/gg	Total hours worst case	Total hours real case	Total hours real case con frequenza di velocità >3m/s	Tot. Min/day worst case	Total min/day real case con frequenza di velocità >3m/s
1	R04	119	1.01	120,54	81,00	58,08	60,78	29,28
4	R25	75	0.70	52,40	35,21	25,25	41,92	20,20
5	R30	63	0.57	35,83	24,08	17,26	34,12	16,44
8	R52	69	0.52	35,82	24,07	17,26	31,15	15,01
18	R86	94	0.97	90,76	60,99	43,73	57,93	27,91
19	R88	142	0.83	117,67	79,07	56,70	49,72	23,96
20	R90	69	0.48	33,38	22,43	16,08	29,03	13,99
21	R91	58	0.44	25,30	17,00	12,19	26,17	12,61
24	R103	67	0.52	34,83	23,41	16,78	31,19	15,03
25	R104	53	0.51	27,03	18,16	13,02	30,60	14,74
26	R113	210	0.61	128,60	86,42	61,96	36,74	17,70
27	R115	116	1.25	145,17	97,55	69,95	75,09	36,18
28	R119	165	0.69	114,24	76,77	55,04	41,54	20,02
30	R124	115	0.55	63,31	42,54	30,50	33,03	15,92
36	R134	15	0.21	3,19	2,14	1,54	12,76	6,15
38	R147	95	0.95	90,06	60,52	43,39	56,88	27,41
39	R148	88	0.88	77,71	52,22	37,44	52,98	25,53
40	R149	109	0.73	79,16	53,20	38,14	43,57	21,00
43	R158	54	0.53	28,83	19,37	13,89	32,03	15,43
46	R175	68	0.68	46,16	31,02	22,24	40,73	19,62
47	R183	67	0.66	44,21	29,71	21,30	39,59	19,08
49	R189	11	0.13	1,46	0,98	0,70	7,96	3,84
50	R190	53	0.50	26,59	17,87	12,81	30,10	14,50
51	R192	38	0.42	16,10	10,82	7,76	25,42	12,25
54	R202	68	0.80	54,40	36,56	26,21	48,00	23,13
58	R209	24	0.12	2,87	1,93	1,38	7,18	3,46
59	R212	95	0.95	90,33	60,70	43,52	57,05	27,49
60	R229	53	0.49	26,18	17,59	12,61	29,64	14,28
61	R249	42	0.45	18,79	12,63	9,05	26,84	12,93
62	R251	135	0.56	75,98	51,06	36,61	33,77	16,27

Tabella 6 - Ore di ombreggiamento h/anno

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING		Cod. AS314-SIA09-R
	Data Ottobre 2023	Rev. 00	

Dei 64 ricettori sensibili individuati nell'arco di 1 Km dagli aerogeneratori, solo 5 (R04-R88-R113-R115-R119) hanno un ombreggiamento intorno alle 50 h/anno.

L'altro parametro da considerare è il numero di minuti giorno di ombreggiamento che per tutti i recettori è sempre inferiore ai 30min/giorno tranne che per il ricettore R115 il cui valore è 36 min/gg. Per tale ricettore si prevede una mitigazione costituita dalla piantumazione di specie autoctone in prossimità delle aperture finestrate posizionate a 30°Nord e 120°Nord.

Tutto ciò non tiene conto di altri fattori che potrebbero diminuire o annullare del tutto l'effetto flickering sul recettore, come la presenza di alberi interposti tra turbina e recettore e/o posizionamento delle abitazioni e dei propri infissi rispetto alla fonte, la posizione del disco tra sole e ricettore (fattore indispensabile per la formazione del fenomeno dello sfarfallio).

E' importante sottolineare che i calcoli effettuati sono molto cautelativi in quanto nella stima non sono stati considerati alcuni aspetti fondamentali che potrebbero abbattere tali valori, es. direzione del rotore ortogonale alla direttrice sole-finestra, eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione arbustiva tra finestra e direttrice. Ad ogni modo riportando il calendario annuale (nel caso del WORST CASE) e l'effetto ombre generato dalle turbine sui ricettori sopra richiamati, si può notare l'effetto transitorio e quindi trascurabile del fenomeno.

Le curve di colore rosso, superiore ed inferiore, indicano l'alba e il tramonto, in ascissa i giorni dell'anno e in ordinate le ore dell'anno. Le curve campite individuano gli eventi di ombreggiamento presso il ricettore.

R 115– id27

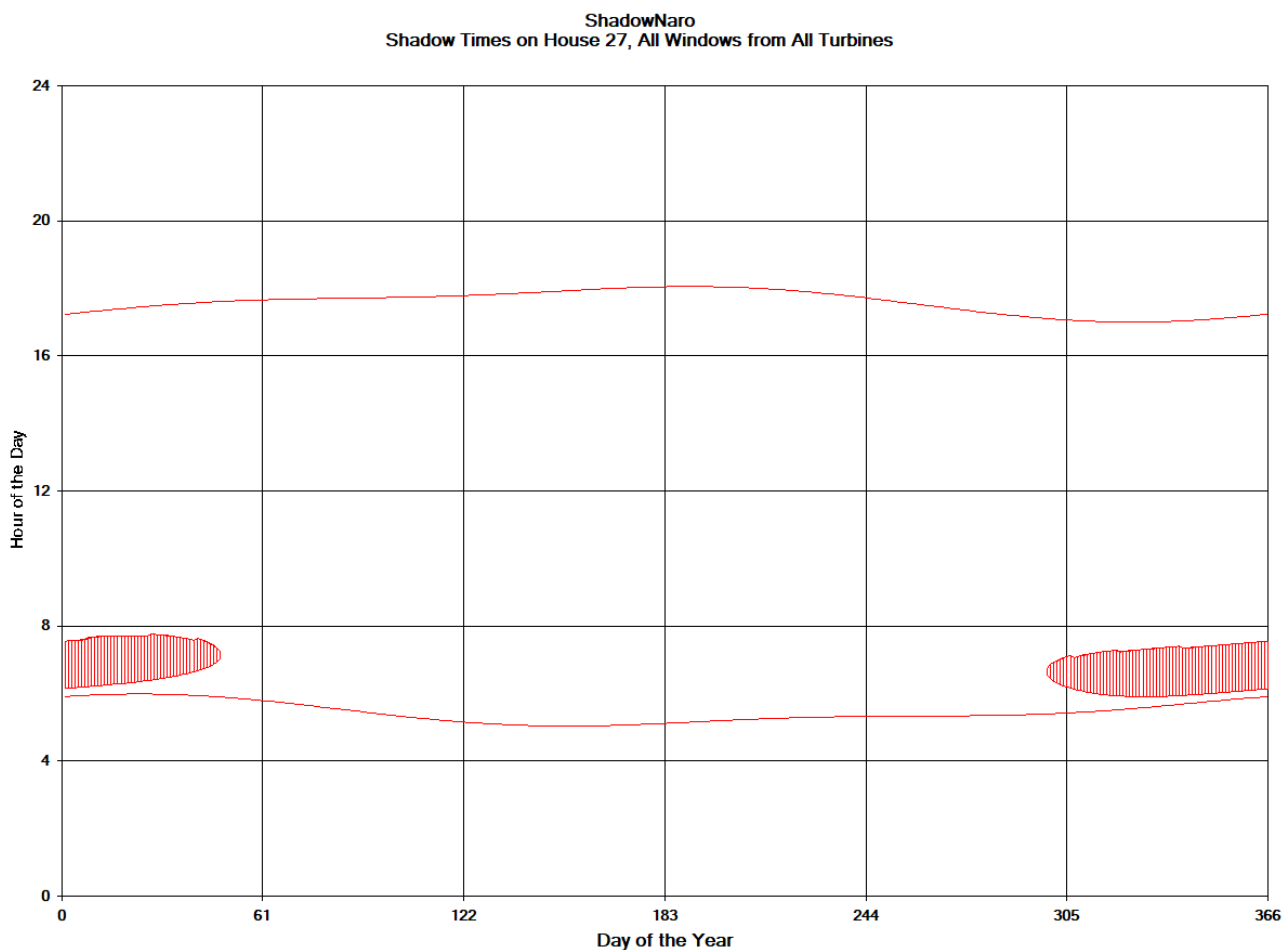


Figura 5 - Calendario delle ombre per il ricettore R115

Dalla lettura del grafico e dall'analisi del fenomeno di ombreggiamento per singolo ricettore, in allegato, si ha che l'ombreggiamento è determinato prevalentemente dalla turbina n.NA 04: dal 01 gennaio al 17 febbraio tra le 6:08 e le 7:45 – dal 25 Ottobre al 31 Dicembre tra le 5:54 e le 7:45.

Come si può notare il fenomeno è limitato solo in alcuni mesi dell'anno e durante l'alba nelle primissime ore del mattino. Per dettagli orari si rinvia alla tabella degli ombreggiamenti di ogni singola turbina su singolo ricettore allegato alla presente.

7 CONCLUSIONI

Il lavoro è stato svolto in due distinte fasi: la prima tramite software idoneo al calcolo dell'effetto di shadow-flickering il quale ha portato alla luce che 64 ricettori sono censiti sensibili e che 34 sono esterni al cono d'ombra e solo 14 ricettori sono interessati dal fenomeno per poco più di 50 h/anno nel caso peggiorativo (Worst Case); la seconda, ha cercato in modo empirico di avvicinarsi ad un caso reale con condizioni al contorno identiche, considerando in aggiunta il solo fattore nuvolosità e della distribuzione di velocità del vento. Tale studio ha portato ad una drastica diminuzione del

 Sirio Rinnovabili Srl Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:siriorinnovabili@legalmail.it	STUDIO EVOLUZIONE DELLE OMBRE SHADOW FLICKERING		Cod. AS314-SIA09-R
	Data Ottobre 2023	Rev. 00	

monte ore/annuo per ricettore. Per tutti i ricettori è verificato l'ombreggiamento giornaliero inferiore ai 30 minuti tranne che per il ricettore R115 (valore di 36 min/gg) per il quale si prevede la piantumazione di essenze autoctone in prossimità dell'edificio. Inoltre per tale ricettore risulta che l'ombreggiamento si ha nelle primissime ore dell'alba.

Si aggiunge che nel presente studio non è stato considerato l'ombreggiamento dato dalle alberature presenti nei cortili dei fabbricati o lungo gli assi sole-turbina-finestra. Queste ulteriori ipotesi potrebbero addirittura eliminare completamente alcuni edifici tra la lista dei ricettori se gli stessi fossero dotate di finestre più piccole rispetto a quelle ipotizzate sulle pareti di Ovest ed Est (massimo allungamento delle curva di ombreggiamento), o fossero già ombreggiati naturalmente.

Dallo studio si evince che i ricettori sono posizionati a Est o ad Ovest delle turbine e quindi il fenomeno è limitato alle sole ore del tramonto o delle prime ore del mattino.

In ogni caso, la Società si impegna, se dovessero nascere delle precise e puntuali criticità, a mitigare l'effetto stroboscopico presso il recettore, intervenendo con piantumazioni di alberi schermanti e/o attraverso l'installazione di pensiline in prossimità delle aperture finestrate più esposte.

Allegati

- Cartografia shadow flickering
- Tempo di ombreggiamento per ogni casa
- Ombreggiamento su singola finestra ipotizzata
- Tempo di ombreggiamento su singola casa di ogni turbina