



AGROVOLTAICO VITERBO - COMUNE DI VITERBO

PROGETTO DEFINITIVO

Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 387/2003 per un impianto agrovoltaiico di superficie pari a 107,38 ha costituito da coltivazioni di patata novella, asparago, cavolo a foglia e erbai integrate ad un impianto fotovoltaico con tracker monoassiali (60 MWp) sito in loc. Vaccareccia nel Comune di Viterbo (VT)

CODICE ELABORATO:		TITOLO ELABORATO:	
R.2		Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento	
SCALA:	FORMATO:		
-	A4		

PROPONENTE:

APOLLO VITERBO S.R.L.
 Viale della Stazione 8, 39100 Bolzano (BZ)
 C.F. e P.IVA 03231580212
 apolloviterbosrl@legalmail.it

PRESIDENTE CDA

Diego Garfias

PROGETTISTA:



Studio Santi
Innovation in Energy

We support the Sustainable Development Goals

Studio Santi srl con socio unico
 Via Latina n. 57 - 00058 Santa Marinella (RM)
 www.studiosanti.eu - info@studiosanti.eu
 tel +39 0766 53 68 98

Ing. Federico Santi
 Ordine degli Ingegneri di Roma N. A20930



iride
Istituto per la Ricerca e l'Ingegneria Dell'Ecosostenibilità

Istituto I.R.I.D.E. Srl
 Via Cristoforo Colombo 163 - 00147 Roma
 www.istituto-iride.com - iride@pec.istituto-iride.com
 Tel +39 06 51606033

Ing. Mauro Di Prete
 Ordine degli Ingegneri di Roma N. A14624



REV.	DATA	STATO	PREPARATO	RIESAMINATO	APPROVATO
00	15-01-2024	PRIMA EMISSIONE	R. ACRI	Fra. CASTELLANI	F. SANTI

Questo documento o parte di esso non può essere riprodotto, salvato, trasmesso, riutilizzato in altri progetti in alcuna forma sia essa elettronica, meccanica, fotografica senza la preventiva autorizzazione di Studio Santi srl. Le informazioni contenute nel presente documento sono da intendersi valide limitatamente all'oggetto del documento stesso. Altre informazioni sono da ritenersi non valide ai fini dell'esecuzione. Le informazioni riportate nel presente documento non sono da intendersi "shop drawing" e pertanto l'esecutore delle opere dovrà verificare in campo quanto necessario per l'acquisto dei materiali.

Sommario

1	PREMESSA	3
2	DATI RELATIVI ALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E AL SITO	4
2.1	Aeroporto di VITERBO "Tommaso Fabbri" (LIRV).....	4
2.2	Impianto fotovoltaico	4
3	METODOLOGIA DI SIMULAZIONE IMPATTO OCULARE	6
3.1	Strumento di simulazione.....	6
3.2	Dati di input per la simulazione	7
3.2.1	Impianto Fotovoltaico	7
3.2.2	Punti di osservazione.....	9
4	RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO: FV1	17
4.1	RWY 04C	17
4.2	RWY 22C	17
4.3	RWY 04L.....	17
4.4	RWY 22L.....	17
4.5	RWY 04R	17
4.6	RWY 22R	17
4.7	ATCT Torre di Controllo	17
4.8	Vie di rullaggio e decollo.....	17
5	RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO: FV2	18
5.1	RWY 04C	18
5.2	RWY 22C	18
5.3	RWY 04L.....	18
5.4	RWY 22L.....	18
5.5	RWY 04R	18
5.6	RWY 22R	18
5.7	ATCT Torre di Controllo	18
5.8	Vie di rullaggio e decollo.....	18
6	RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO: FV3	19
6.1	RWY 04C	19
6.2	RWY 22C	19
6.3	RWY 04L.....	19
6.4	RWY 22L.....	19
6.5	RWY 04R	19
6.6	RWY 22R	19
6.7	ATCT Torre di Controllo	19
6.8	Vie di rullaggio e decollo.....	19

AGROVOLTAICO VITERBO - VITERBO (VT)

Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 per un impianto agrovoltaiico di superficie pari a 107,38 ha costituito da coltivazioni di patata novella, asparago, cavolo a foglia e erbai integrate ad un impianto fotovoltaico con tracker monoassiali (60 MWp) sito in località Vaccareccia nel Comune di Viterbo (VT)

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento

7	CONCLUSIONI	20
8	ALLEGATI.....	20

1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di descrivere la valutazione degli eventuali ostacoli e/o pericoli alla navigazione aerea dovuti alla realizzazione di un impianto fotovoltaico in una zona agricola, situata in località Vaccareccia nei pressi del comune di Viterbo (VT).

La verifica verterà quindi sulla valutazione del potenziale impatto oculare dovuto all'installazione dell'impianto sia per quanto riguarda i piloti di aerei in avvicinamento alla pista dell'aeroporto sia per gli addetti al controllo del traffico aereo posti in torre di controllo e sia per quanto riguarda gli aeromobili in fase di rullaggio/decollo.

L'area di installazione dell'impianto è riportata nell'immagine seguente:



Figura 1 - Area di installazione degli impianti

Il sito si trova a distanza superiore a 1km dalla recinzione dell'aeroporto militare di Viterbo pertanto non sarebbe soggetto a vincolo ex art.3 del Decreto Ministero della Difesa 19.12.2012 n.258 e necessita di autorizzazione da parte dell'Aeronautica Militare. Lo studio è stato effettuato per ulteriore precauzione.

La valutazione del rischio di abbagliamento dei piloti è affrontata all'interno della presente relazione mediante applicativo GlareGauge/ForgeSolar basato sull'algoritmo SGHAT v.3 (Solar Glare Hazard Analysis Tool) sviluppato dal Sandia National Laboratory.

2 DATI RELATIVI ALL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E AL SITO

2.1 Aeroporto di VITERBO "Tommaso Fabbri" (LIRV)

L'Aeroporto di Viterbo "Tommaso Fabbri" è uno scalo militare.

Lo scalo dispone di tre piste:

- 04C/22C della lunghezza di 1500 metri
- 04L/22R della lunghezza di 1005 metri
- 04R/22L della lunghezza di 590 metri



Figura 2 – Vista aerea dell'aeroporto di Viterbo "Tommaso Fabbri"

2.2 Impianto fotovoltaico

Il sito individuato per la realizzazione dell'impianto si trova nel comune di Viterbo, altitudine media sul livello del mare è di circa 200 metri. L'inclinazione e l'orientamento dei moduli sono stati scelti per ottimizzare la radiazione solare incidente, i moduli saranno orientati a EST/OVEST e un tilt variabile ad inseguimento su un asse, in modo da consentire la massima raccolta di energia nell'arco dell'anno con strutture metalliche fisse. Oltre alla radiazione solare diretta è diffusa è stata considerata anche una componente di albedo. Le tavole allegate riportano lo schema a blocchi e lo schema elettrico generale dell'impianto fotovoltaico da cui si evidenziano le principali funzioni svolte dai vari sottosistemi e apparecchiature che compongono l'impianto stesso.

Con riferimento all'area disponibile del sito individuato, l'impianto è dimensionato in modo tale da costruire un campo fotovoltaico della potenza complessiva di 60 MWp (PSTC). Il modulo fotovoltaico scelto per la realizzazione dell'impianto è in silicio monocristallino con cornice, ed ha una potenza di picco di 690

Wp. I moduli sono disposti secondo file parallele, la distanza tra le stringhe (5,5m) è calcolata sia in modo che l'ombra della fila antistante non interessi la fila retrostante per inclinazione del sole sull'orizzonte pari o superiore a quella che si verifica a mezzogiorno del solstizio d'inverno nella particolare località sia per l'utilizzo agricolo al di sotto dei tracker e interfilare.

Le stringhe sono costituite da 28 moduli connessi in serie. Il generatore fotovoltaico è composto complessivamente da 87.696 moduli. La superficie captante dei moduli è di circa 27,2 ha.

I valori minimi e massimi della tensione di uscita del generatore fotovoltaico nelle condizioni operative limite previste (-10° / 70°C) sono compatibili con il range di funzionamento dell'inverter, che assicura l'inseguimento della massima potenza. Analogamente la corrente massima di parallelo delle stringhe è inferiore alla corrente massima tollerata in ingresso dall'inverter. I gruppi di conversione (inverter di stringa) si trovano in testa ai tracker e hanno una potenza di 215 kVA. Sono collegati in parallelo sul lato AC per formare un sistema trifase a 0,8 kV. Tale parallelo elettrico sarà collegato sul lato di bassa tensione ai trasformatori 0,8 kV / 36 kV di cui è dotata ogni singola cabina di campo. La potenza del singolo trasformatore sarà da 1000 – 1500 – 2000 kVA. L'uscita dei trasformatori a 36 kV trifase sarà collegata a sua volta alle apparecchiature di manovra e sezionamento alla rete di raccolta energia che convoglierà tutta l'energia a delle stazioni di smistamento da cui partiranno elettrodotti interrati fino alla RTN di Terna SE Grotte Santo Stefano 150/36 kV.

3 METODOLOGIA DI SIMULAZIONE IMPATTO OCULARE

3.1 Strumento di simulazione

La simulazione è stata effettuata con il tool ForgeSolar GlareGauge basato sull'algoritmo SGHAT v.3 sviluppato dal Sandia National Laboratory. Il tool rappresenta un'evoluzione della metodologia SGHAT v.2 che consente la valutazione completa dell'abbagliamento nelle due miglia a partire dalla soglia della pista, non limitandosi pertanto alla valutazione in singoli punti (generalmente scelti ogni ¼ di miglio). Il tool permette quindi di determinare l'intero potenziale di abbagliamento per aerei in avvicinamento alla pista anche nei casi in cui tale abbagliamento si verificasse solo in posizione intermedia tra i quarti di miglio valutati dalla versione precedente.

Il potenziale di impatto oculare viene valutato in base all'irradianza retinica e all'angolo sotteso della fonte della riflessione come indicato nel seguente grafico comune a tutte le versioni dei software SGHAT ed originalmente ottenuto dal fit di alcuni dati di letteratura riguardanti gli impatti oculari.

A conferma di quanto detto si riporta di seguito il confronto tra il modello di valutazione dell'impatto oculare presente nel technical reference dello SGHAT e quanto riportato negli output delle simulazioni effettuate. Come evidente i riferimenti adottati nelle valutazioni sono i medesimi.

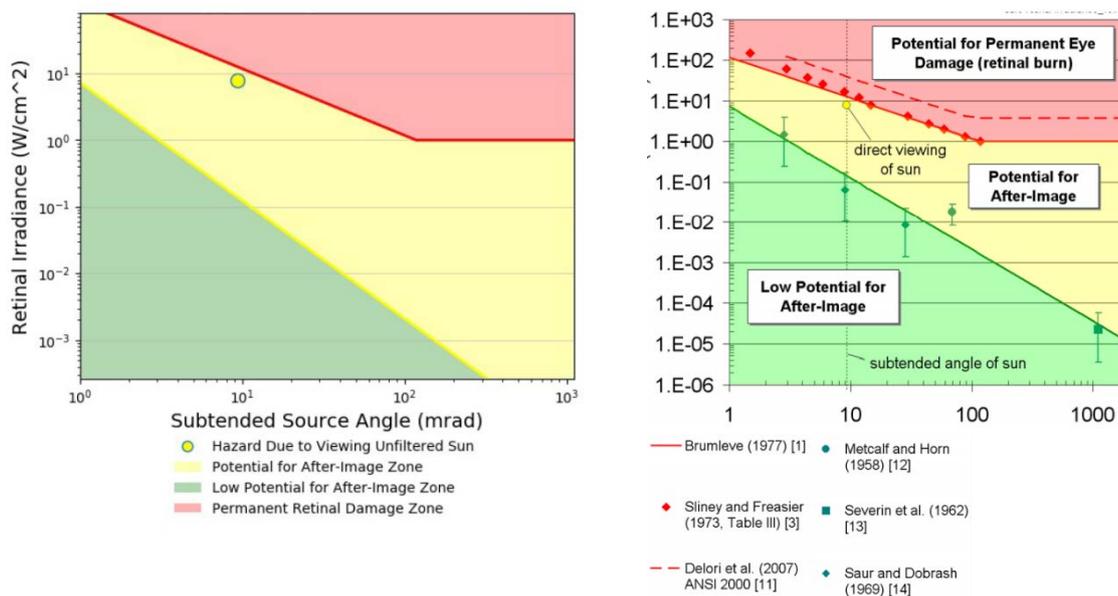


Figura 3 - Classificazione impatto oculare con tool Forge Solar

La metodologia applicata è il riferimento comunemente adottato per la valutazione del rischio di impatto oculare su aerei e controllori di volo in ambito aeroportuale ed è accettata anche dalla FAA statunitense in seguito all'adozione della "Policy 86 FR 25801".

In aggiunta a quanto determinato dal software saranno effettuate alcune considerazioni di tipo geometrico

3.2 Dati di input per la simulazione

3.2.1 Impianto Fotovoltaico

La simulazione è stata effettuata con i seguenti dati di input:

FV 1 / FV2 / FV3	
Impianto a inseguimento	Si
Axis tracking	Monoassiale
Tracking axis orientation:	180°
Tracking axis tilt:	0°
Tracking axis panel offset:	0°
Max tracking angle:	60°
Resting angle:	0°
Potenza nominale	-
Variazione della riflettività	Si
Diametro pupilla	0.002 m
Intervallo di simulazione	1 minuto
Materiale superficie FV	Smooth glass without ARC
Timezone	1.0
Angolo solare sotteso	9.3 mrad
Radiazione di picco	1000 W/m ²
Coefficiente di trasmissione oculare	0.5
Lunghezza focale oculare	0.017 m

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento

L'intero impianto è installato in un'area compresa tra i seguenti punti geografici:

FV 1					
Vertex/ID	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Elevation	Height Above Ground	Total Elevation
1	42.406082	12.017897	198.81	2.00	200.81
2	42.403608	12.009014	189.68	2.00	191.68
3	42.394031	11.990416	165.57	2.00	167.57
4	42.392997	11.991356	144.28	2.00	146.28
5	42.394567	11.997808	169.72	2.00	171.72
6	42.400270	12.006899	178.70	2.00	180.70
7	42.402150	12.016100	194.16	2.00	196.16
8	42.398981	12.019095	201.46	2.00	203.46
9	42.400705	12.022302	205.63	2.00	207.63

FV 2					
Vertex/ID	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Elevation	Height Above Ground	Total Elevation
1	42.397217	12.025789	208.02	2.00	210.02
2	42.397222	12.032526	175.38	2.00	177.38
3	42.403985	12.039199	231.67	2.00	233.67
4	42.405116	12.037890	199.92	2.00	201.92
5	42.403125	12.031620	181.55	2.00	183.55
6	42.399105	12.025997	178.20	2.00	180.20

FV 3					
Vertex/ID	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Elevation	Height Above Ground	Total Elevation
1	42.392476	11.989669	150.19	2.00	152.19

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento

2	42.387439	11.987333	152.76	2.00	154.76
3	42.386684	11.995671	161.44	2.00	163.44
4	42.392679	12.010968	173.16	2.00	175.16
5	42.394422	12.009584	189.52	2.00	191.52
6	42.391215	12.001494	183.19	2.00	185.19

Tali punti sono rappresentati nella seguente immagine:

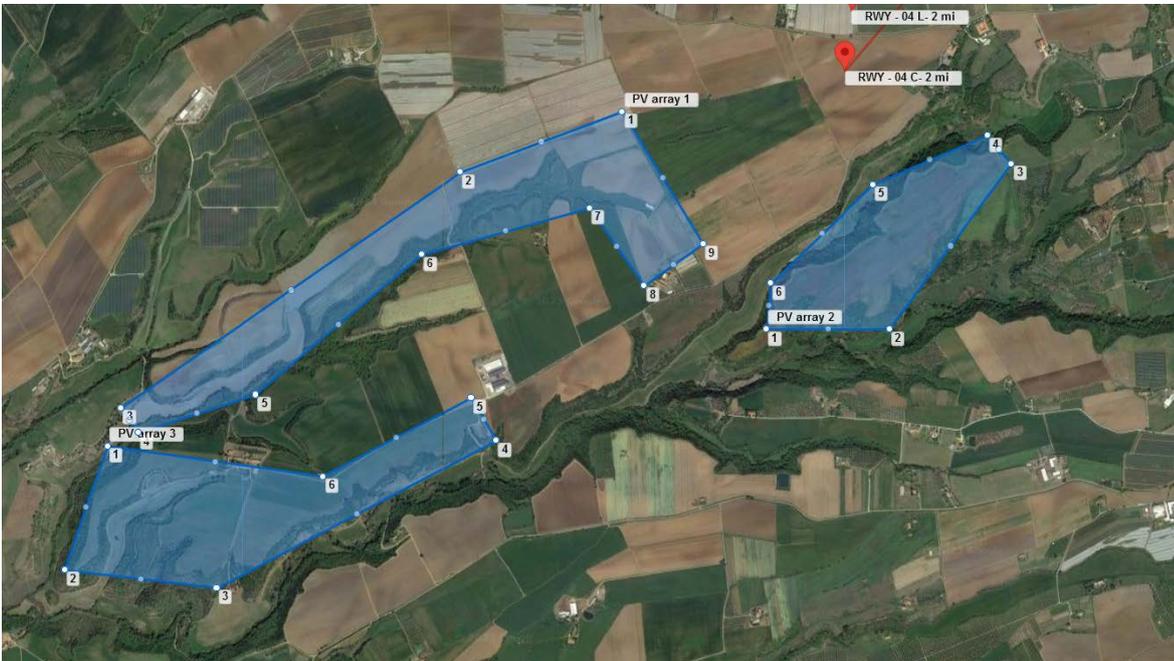


Figura 4 - Area di installazione FV

3.2.2 Punti di osservazione

I punti valutati sono l'intersezione dei due percorsi di avvicinamento alle piste nelle due miglia finali, le vie di rullaggio e decollo e la torre di controllo; si riportano di seguito i relativi dati (per maggiori approfondimenti vedere il report di calcolo allegato) per l'aeroporto di Viterbo.

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento

- RWY 04C

Point	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
Threshold	42.429850	12.055417	294.60	15.20	309.80
2-mile point	42.407773	12.030093	220.40	258.10	478.50

- RWY 22L

Point	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
Threshold	42.439240	12.066652	300.30	15.30	315.60
2-mile point	42.462415	12.090103	308.20	176.00	484.20

- RWY 04L

Point	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
Threshold	42.432179	12.055988	295.80	15.20	311.00
2-mile point	42.410259	12.030413	221.40	258.30	479.70

- RWY 22L

Point	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
Threshold	42.439240	12.066652	300.30	15.30	315.60
2-mile point	42.462415	12.090103	308.20	176.00	484.20

- RWY 04R

AGROVOLTAICO VITERBO - VITERBO (VT)

Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 per un impianto agrovoltaiico di superficie pari a 107,38 ha costituito da coltivazioni di patata novella, asparago, cavolo a foglia e erbai integrate ad un impianto fotovoltaico con tracker monoassiali (60 MWp) sito in località Vaccareccia nel Comune di Viterbo (VT)

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento

Point	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
Threshold	42.435140	12.062283	298.30	15.20	313.50
2-mile point	42.412494	12.037900	232.50	249.70	482.20

- RWY 22R

Point	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total elevation m
Threshold	42.439385	12.063654	300.40	15.30	315.70
2-mile point	42.462362	12.087461	310.10	174.20	484.30

- Torre di Controllo

Number	Latitude deg	Longitude deg	Ground elevation m	Height above ground m	Total Elevation m
1-ATCT	42.441316	12.058283	300.00	24.00	324.00

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento

- Percorsi di Rullaggio e Decollo 1

Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	42.432062	12.056079	295.50	0.00	295.50
2	42.429548	12.059402	294.30	0.00	294.30
3	42.435973	12.069849	297.60	0.00	297.60
4	42.439253	12.063644	300.40	0.00	300.40
5	42.432062	12.056079	295.50	0.00	295.50

- Percorsi di Rullaggio e Decollo 2

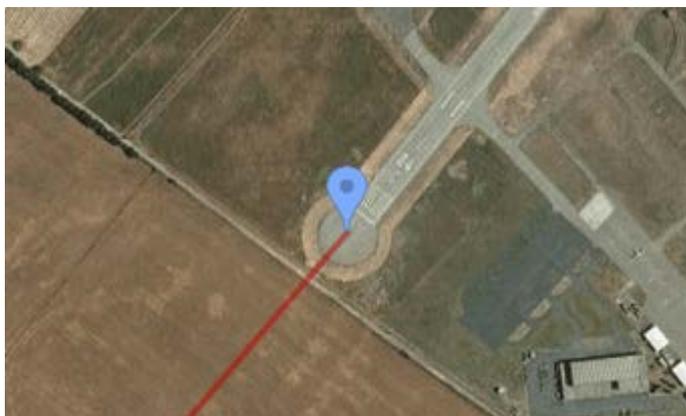
Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	42.430029	12.055652	293.80	0.00	293.80
2	42.440770	12.067234	302.40	0.00	302.40
3	42.439561	12.066095	302.30	0.00	302.30
4	42.439167	12.066725	300.40	0.00	300.40
5	42.435974	12.069848	297.60	0.00	297.60
6	42.429549	12.059400	294.30	0.00	294.30
7	42.431199	12.057058	296.10	0.00	296.10
8	42.430029	12.055652	293.80	0.00	293.80

- Percorsi di Rullaggio e Decollo 3

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento

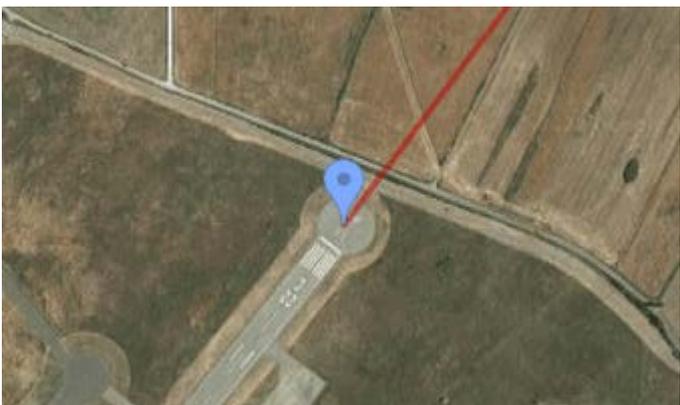
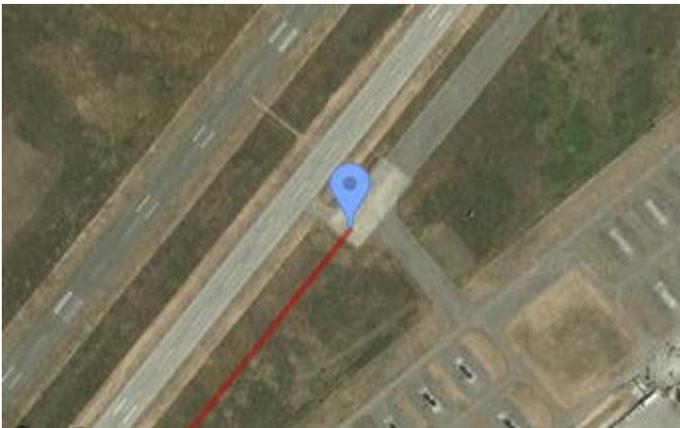
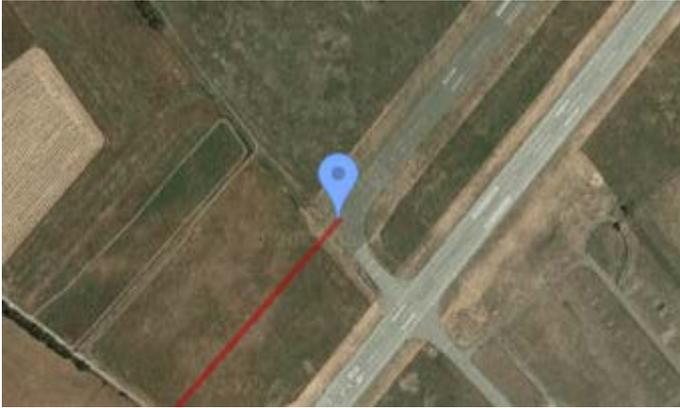
Vertex	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total elevation
	deg	deg	m	m	m
1	42.435406	12.062654	298.50	0.00	298.50
2	42.433059	12.065099	295.80	0.00	295.80
3	42.435972	12.069847	297.60	0.00	297.60
4	42.439170	12.066721	300.40	0.00	300.40
5	42.435406	12.062654	298.50	0.00	298.50

Tali valori sono riportati graficamente nelle seguenti immagini:



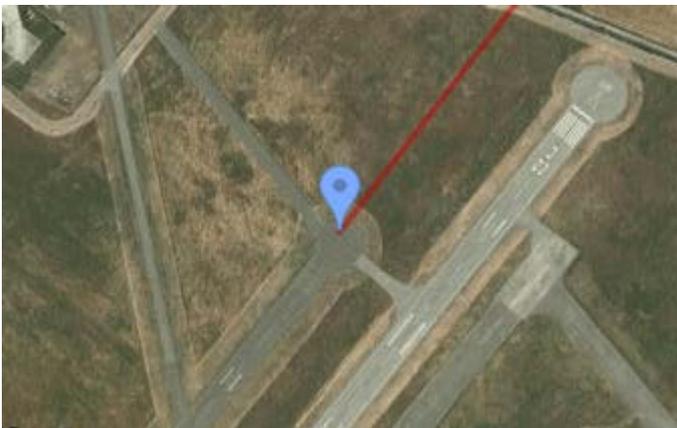
Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 per un impianto agrovoltaiico di superficie pari a 107,38 ha costituito da coltivazioni di patata novella, asparago, cavolo a foglia e erbai integrate ad un impianto fotovoltaico con tracker monoassiali (60 MWp) sito in località Vaccareccia nel Comune di Viterbo (VT)

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento



Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 per un impianto agrovoltaiico di superficie pari a 107,38 ha costituito da coltivazioni di patata novella, asparago, cavolo a foglia e erbai integrate ad un impianto fotovoltaico con tracker monoassiali (60 MWp) sito in località Vaccareccia nel Comune di Viterbo (VT)

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento



Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 per un impianto agrovoltaiico di superficie pari a 107,38 ha costituito da coltivazioni di patata novella, asparago, cavolo a foglia e erbai integrate ad un impianto fotovoltaico con tracker monoassiali (60 MWp) sito in località Vaccareccia nel Comune di Viterbo (VT)

R.2 - Relazione vincoli aeronautici e verifica abbagliamento



4 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO: FV1

4.1 RWY 04C

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

4.2 RWY 22C

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

4.3 RWY 04L

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

4.4 RWY 22L

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

4.5 RWY 04R

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

4.6 RWY 22R

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

4.7 ATCT Torre di Controllo

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione della torre di controllo.

4.8 Vie di rullaggio e decollo

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione degli aerei in fase di rullaggio o decollo.

5 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO: FV2

5.1 RWY 04C

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

5.2 RWY 22C

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

5.3 RWY 04L

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

5.4 RWY 22L

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

5.5 RWY 04R

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

5.6 RWY 22R

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

5.7 ATCT Torre di Controllo

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione della torre di controllo.

5.8 Vie di rullaggio e decollo

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione degli aerei in fase di rullaggio o decollo.

6 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO: FV3

6.1 RWY 04C

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

6.2 RWY 22C

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

6.3 RWY 04L

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

6.4 RWY 22L

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

6.5 RWY 04R

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

6.6 RWY 22R

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione di aerei in fase di avvicinamento.

6.7 ATCT Torre di Controllo

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione della torre di controllo.

6.8 Vie di rullaggio e decollo

La simulazione non ha evidenziato alcun riflesso proveniente dall'impianto fotovoltaico nella direzione degli aerei in fase di rullaggio o decollo.

7 CONCLUSIONI

È verificata la compatibilità dell'impianto fotovoltaico con il contesto aeroportuale in quanto la riflessione in direzione degli aerei in fase di atterraggio non è tale da causare abbagliamento permanente e non è presente alcuna riflessione in direzione della torre di controllo.

8 ALLEGATI

- a) Report delle simulazioni Forge Solar

FORGESOLAR GLARE ANALYSIS

Project: **Viterbo RP Global**
 Site configuration: **RP Global**

Created 13 Nov, 2023
 Updated 23 Nov, 2023
 Time-step 1 minute
 Timezone offset UTC1
 Minimum sun altitude 0.0 deg
 DNI peaks at 1,000.0 W/m²
 Category 10 MW to 100 MW
 Site ID 105325.18318

Ocular transmission coefficient 0.5
 Pupil diameter 0.002 m
 Eye focal length 0.017 m
 Sun subtended angle 9.3 mrad
 PV analysis methodology V2



Summary of Results No glare predicted

PV Array	Tilt °	Orient °	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Energy kWh
			min	hr	min	hr	
PV array 1	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 2	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 3	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-

Total glare received by each receptor; may include duplicate times of glare from multiple reflective surfaces.

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
decolli e taxi 1	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 2	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 3	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 R	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 R	0	0.0	0	0.0
1-ATCT	0	0.0	0	0.0

Component Data

PV Arrays

Name: PV array 1
Axis tracking: Single-axis rotation
Backtracking: Shade-slope
Tracking axis orientation: 180.0°
Max tracking angle: 60.0°
Resting angle: 0.0°
Ground Coverage Ratio: 0.5
Rated power: -
Panel material: Smooth glass without AR coating
Reflectivity: Vary with sun
Slope error: correlate with material



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	42.406082	12.017897	198.81	2.00	200.81
2	42.403608	12.009014	189.68	2.00	191.68
3	42.394031	11.990416	165.57	2.00	167.57
4	42.392997	11.991356	144.28	2.00	146.28
5	42.394567	11.997808	169.72	2.00	171.72
6	42.400270	12.006899	178.70	2.00	180.70
7	42.402150	12.016100	194.16	2.00	196.16
8	42.398981	12.019095	201.46	2.00	203.46
9	42.400705	12.022302	205.63	2.00	207.63

Name: PV array 2
Axis tracking: Single-axis rotation
Backtracking: Shade-slope
Tracking axis orientation: 180.0°
Max tracking angle: 60.0°
Resting angle: 0.0°
Ground Coverage Ratio: 0.5
Rated power: -
Panel material: Smooth glass without AR coating
Reflectivity: Vary with sun
Slope error: correlate with material



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	42.397217	12.025789	208.02	2.00	210.02
2	42.397222	12.032526	175.38	2.00	177.38
3	42.403985	12.039199	231.67	2.00	233.67
4	42.405116	12.037890	199.92	2.00	201.92
5	42.403125	12.031620	181.55	2.00	183.55
6	42.399105	12.025997	178.20	2.00	180.20

Name: PV array 3
Axis tracking: Single-axis rotation
Backtracking: Shade-slope
Tracking axis orientation: 180.0°
Max tracking angle: 60.0°
Resting angle: 0.0°
Ground Coverage Ratio: 0.5
Rated power: -
Panel material: Smooth glass without AR coating
Reflectivity: Vary with sun
Slope error: correlate with material



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	42.392476	11.989669	150.19	2.00	152.19
2	42.387439	11.987333	152.76	2.00	154.76
3	42.386684	11.995671	161.44	2.00	163.44
4	42.392679	12.010968	173.16	2.00	175.16
5	42.394422	12.009584	189.52	2.00	191.52
6	42.391215	12.001494	183.19	2.00	185.19

Route Receptors

Name: decolli e taxi 1
Path type: Two-way
Observer view angle: 50.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	42.432062	12.056079	295.50	0.00	295.50
2	42.429548	12.059402	294.30	0.00	294.30
3	42.435973	12.069849	297.60	0.00	297.60
4	42.439253	12.063644	300.40	0.00	300.40
5	42.432062	12.056079	295.50	0.00	295.50

Name: decolli e taxi 2
Path type: Two-way
Observer view angle: 50.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	42.430029	12.055652	293.80	0.00	293.80
2	42.440770	12.067234	302.40	0.00	302.40
3	42.439561	12.066095	302.30	0.00	302.30
4	42.439167	12.066725	300.40	0.00	300.40
5	42.435974	12.069848	297.60	0.00	297.60
6	42.429549	12.059400	294.30	0.00	294.30
7	42.431199	12.057058	296.10	0.00	296.10
8	42.430029	12.055652	293.80	0.00	293.80

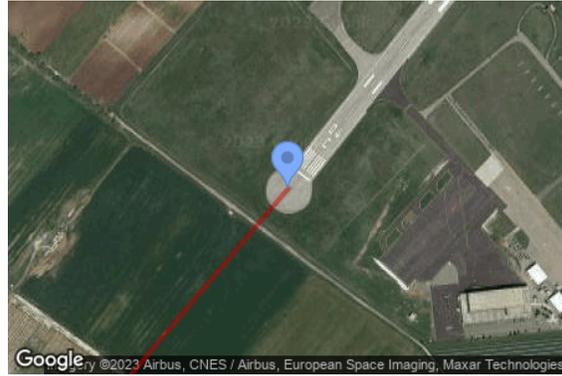
Name: decolli e taxi 3
Path type: Two-way
Observer view angle: 50.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	42.435406	12.062654	298.50	0.00	298.50
2	42.433059	12.065099	295.80	0.00	295.80
3	42.435972	12.069847	297.60	0.00	297.60
4	42.439170	12.066721	300.40	0.00	300.40
5	42.435406	12.062654	298.50	0.00	298.50

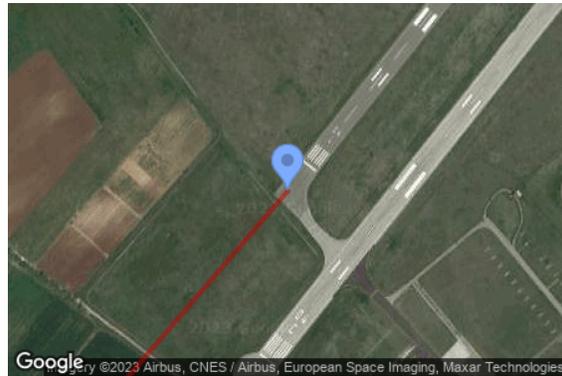
Flight Path Receptors

Name: RWY - 04 C
Description: None
Threshold height: 15 m
Direction: 40.2°
Glide slope: 3.0°
Pilot view restricted? Yes
Vertical view: 30.0°
Azimuthal view: 50.0°



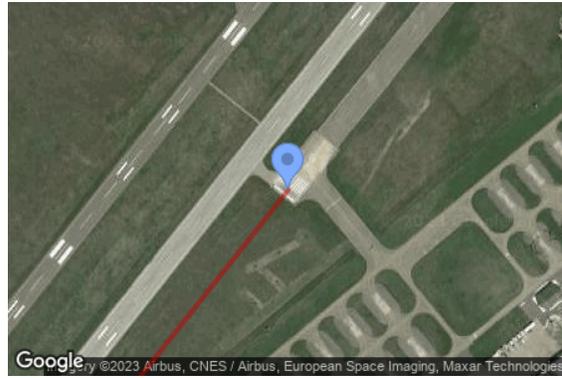
Point	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
Threshold	42.429850	12.055417	294.60	15.20	309.80
Two-mile	42.407773	12.030093	220.40	258.10	478.50

Name: RWY - 04 L
Description: None
Threshold height: 15 m
Direction: 40.7°
Glide slope: 3.0°
Pilot view restricted? Yes
Vertical view: 30.0°
Azimuthal view: 50.0°



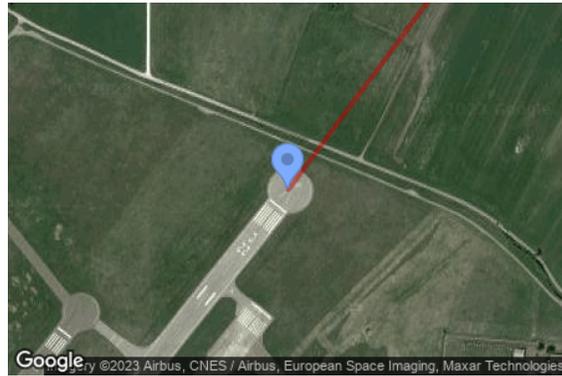
Point	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
Threshold	42.432179	12.055988	295.80	15.20	311.00
Two-mile	42.410259	12.030413	221.40	258.30	479.70

Name: RWY - 04 R
Description: None
Threshold height: 15 m
Direction: 38.4°
Glide slope: 3.0°
Pilot view restricted? Yes
Vertical view: 30.0°
Azimuthal view: 50.0°



Point	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
Threshold	42.435140	12.062283	298.30	15.20	313.50
Two-mile	42.412494	12.037900	232.50	249.70	482.20

Name: RWY - 22 C
Description: None
Threshold height: 15 m
Direction: 216.6°
Glide slope: 3.0°
Pilot view restricted? Yes
Vertical view: 30.0°
Azimuthal view: 50.0°



Point	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
Threshold	42.440815	12.067221	302.30	15.30	317.60
Two-mile	42.464036	12.090591	306.70	179.60	486.30

Name: RWY - 22 L
Description: None
Threshold height: 15 m
Direction: 216.7°
Glide slope: 3.0°
Pilot view restricted? Yes
Vertical view: 30.0°
Azimuthal view: 50.0°



Point	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
Threshold	42.439240	12.066652	300.30	15.30	315.60
Two-mile	42.462415	12.090103	308.20	176.00	484.20

Name: RWY - 22 R
Description: None
Threshold height: 15 m
Direction: 217.4°
Glide slope: 3.0°
Pilot view restricted? Yes
Vertical view: 30.0°
Azimuthal view: 50.0°



Point	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
Threshold	42.439385	12.063654	300.40	15.30	315.70
Two-mile	42.462362	12.087461	310.10	174.20	484.30

Discrete Observation Point Receptors

Name	ID	Latitude (°)	Longitude (°)	Elevation (m)	Height (m)
1-ATCT	1	42.441316	12.058283	300.00	24.00

Map image of 1-ATCT



Glare Analysis Results

Summary of Results No glare predicted

PV Array	Tilt °	Orient °	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Energy kWh
			min	hr	min	hr	
PV array 1	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 2	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-
PV array 3	SA tracking	SA tracking	0	0.0	0	0.0	-

Total glare received by each receptor; may include duplicate times of glare from multiple reflective surfaces.

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
decolli e taxi 1	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 2	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 3	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 R	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 R	0	0.0	0	0.0
1-ATCT	0	0.0	0	0.0

PV: PV array 1 no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
decolli e taxi 1	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 2	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 3	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 R	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 R	0	0.0	0	0.0
1-ATCT	0	0.0	0	0.0

PV array 1 and Route: decolli e taxi 1

No glare found

PV array 1 and Route: decolli e taxi 2

No glare found

PV array 1 and Route: decolli e taxi 3

No glare found

PV array 1 and FP: RWY - 04 C

No glare found

PV array 1 and FP: RWY - 04 L

No glare found

PV array 1 and FP: RWY - 04 R

No glare found

PV array 1 and FP: RWY - 22 C

No glare found

PV array 1 and FP: RWY - 22 L

No glare found

PV array 1 and FP: RWY - 22 R

No glare found

PV array 1 and 1-ATCT

No glare found

PV: PV array 2 no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
decolli e taxi 1	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 2	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 3	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 R	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 R	0	0.0	0	0.0
1-ATCT	0	0.0	0	0.0

PV array 2 and Route: decolli e taxi 1

No glare found

PV array 2 and Route: decolli e taxi 2

No glare found

PV array 2 and Route: decolli e taxi 3

No glare found

PV array 2 and FP: RWY - 04 C

No glare found

PV array 2 and FP: RWY - 04 L

No glare found

PV array 2 and FP: RWY - 04 R

No glare found

PV array 2 and FP: RWY - 22 C

No glare found

PV array 2 and FP: RWY - 22 L

No glare found

PV array 2 and FP: RWY - 22 R

No glare found

PV array 2 and 1-ATCT

No glare found

PV: PV array 3 no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare	
	min	hr	min	hr
decolli e taxi 1	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 2	0	0.0	0	0.0
decolli e taxi 3	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 04 R	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 C	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 L	0	0.0	0	0.0
RWY - 22 R	0	0.0	0	0.0
1-ATCT	0	0.0	0	0.0

PV array 3 and Route: decolli e taxi 1

No glare found

PV array 3 and Route: decolli e taxi 2

No glare found

PV array 3 and Route: decolli e taxi 3

No glare found

PV array 3 and FP: RWY - 04 C

No glare found

PV array 3 and FP: RWY - 04 L

No glare found

PV array 3 and FP: RWY - 04 R

No glare found

PV array 3 and FP: RWY - 22 C

No glare found

PV array 3 and FP: RWY - 22 L

No glare found

PV array 3 and FP: RWY - 22 R

No glare found

PV array 3 and 1-ATCT

No glare found

Assumptions

"Green" glare is glare with low potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

"Yellow" glare is glare with potential to cause an after-image (flash blindness) when observed prior to a typical blink response time.

Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.

The algorithm does not rigorously represent the detailed geometry of a system; detailed features such as gaps between modules, variable height of the PV array, and support structures may impact actual glare results. However, we have validated our models against several systems, including a PV array causing glare to the air-traffic control tower at Manchester-Boston Regional Airport and several sites in Albuquerque, and the tool accurately predicted the occurrence and intensity of glare at different times and days of the year.

Several V1 calculations utilize the PV array centroid, rather than the actual glare spot location, due to algorithm limitations. This may affect results for large PV footprints. Additional analyses of array sub-sections can provide additional information on expected glare. This primarily affects V1 analyses of path receptors.

Random number computations are utilized by various steps of the annual hazard analysis algorithm. Predicted minutes of glare can vary between runs as a result. This limitation primarily affects analyses of Observation Point receptors, including ATCTs. Note that the SGHAT/ ForgeSolar methodology has always relied on an analytical, qualitative approach to accurately determine the overall hazard (i.e. green vs. yellow) of expected glare on an annual basis.

The analysis does not automatically consider obstacles (either man-made or natural) between the observation points and the prescribed solar installation that may obstruct observed glare, such as trees, hills, buildings, etc.

The subtended source angle (glare spot size) is constrained by the PV array footprint size. Partitioning large arrays into smaller sections will reduce the maximum potential subtended angle, potentially impacting results if actual glare spots are larger than the sub-array size. Additional analyses of the combined area of adjacent sub-arrays can provide more information on potential glare hazards. (See previous point on related limitations.)

The variable direct normal irradiance (DNI) feature (if selected) scales the user-prescribed peak DNI using a typical clear-day irradiance profile. This profile has a lower DNI in the mornings and evenings and a maximum at solar noon. The scaling uses a clear-day irradiance profile based on a normalized time relative to sunrise, solar noon, and sunset, which are prescribed by a sun-position algorithm and the latitude and longitude obtained from Google maps. The actual DNI on any given day can be affected by cloud cover, atmospheric attenuation, and other environmental factors.

The ocular hazard predicted by the tool depends on a number of environmental, optical, and human factors, which can be uncertain. We provide input fields and typical ranges of values for these factors so that the user can vary these parameters to see if they have an impact on the results. The speed of SGHAT allows expedited sensitivity and parametric analyses.

The system output calculation is a DNI-based approximation that assumes clear, sunny skies year-round. It should not be used in place of more rigorous modeling methods.

Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid based on aggregated research data. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous, not discrete, spectrum.

Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.

Refer to the Help page at www.forgesolar.com/help/ for assumptions and limitations not listed here.

Default glare analysis parameters and observer eye characteristics (for reference only):

- Analysis time interval: 1 minute
- Ocular transmission coefficient: 0.5
- Pupil diameter: 0.002 meters
- Eye focal length: 0.017 meters
- Sun subtended angle: 9.3 milliradians

© Sims Industries d/b/a ForgeSolar, All Rights Reserved.