

Comune di PORTOMAGGIORE
Provincia di FERRARA

IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI FERTILIZZANTI DA FANGHI DI DEPURAZIONE SITO IN VIA PORTONI BANDISSOLO LOCALITA' PORTOVERRARA

INTEGRAZIONI FEBBRAIO 2024

Spazio riservato all'Ufficio Tecnico

COMMITTENTE

CENTRO AGRICOLTURA AMBIENTE "G.NICOLI" s.r.l.
con sede in CREVALCORE (BO)
via Sant'Agata n° 835
C.F/P.Iva: 01529451203

PROGETTISTA E D.L.

Arch. GIANNI MAZZONI
C.F: MZZGNN70M05A944F



Dott. Ing. MARIO SUNSERI
Dott. FRANCESCO ALDEGHIERI



N° TAVOLA

Elaborato

Allegato 8 - Asseverazione sulla valutazione dell'abbagliamento - febbraio 2024

Scala

Data

02/02/2024

Rev 01

Rev 02

Rev 03

SOMMARIO

1	Premesse	2
2	GENERALITÀ SUL FENOMENO	3
2.1	Abbagliamento visivo	3
2.2	Riflessione della luce nei moduli fotovoltaici	3
2.3	Grafico Rischio Abbagliamento	5
3	ANALISI TRAMITE SOFTWARE FORGESOLAR®	7
3.1	Descrizione sito di installazione	7
3.2	Recettori sensibili	8
3.3	Configurazione su software FORGESOLAR®	10
3.4	Risultati e Conclusioni	13
4	ALLEGATI	14

1 Premesse

Il presente documento riporta l'analisi effettuata in merito alla valutazione previsionale di impatto visivo con particolare riferimento al fenomeno dell'abbagliamento conseguente alla realizzazione di un impianto di generazione energetica di tipo fotovoltaico sito nel comune di Portomaggiore (FE) in via Portoni Bandissolo.

L'impianto in oggetto sarà realizzato presso gli immobili nella corte denominata "Fienil Novo" unitamente al progetto di realizzazione di un centro per il recupero di fanghi biologici di proprietà dell'azienda CENTRO AGRICOLTURA AMBIENTE "G. NICOLI" S.r.l. con sede in CREVALCORE (BO), via Argini Nord n.3351, C.F/P.IVA 01529451203.

In conformità alle metodologie descritte nella Linea Guida LG-2022/002-APT di ENAC e in ottemperanza alle richieste di integrazione documentale ricevute ENAC-PROT-10/05/2023-0059750 ed ENAC-PROT-11/05/2023-0060360, il presente studio intende verificare l'assenza di fenomeni di riflessione e/o abbagliamento potenzialmente pericolosi per la navigazione aerea generate dall'impianto fotovoltaico in progetto.

La verifica è stata condotta avvalendosi degli strumenti analitici e delle metodologie sviluppate dal software ForgeSolar®, approvato dalla FAA statunitense e indicato come uno dei strumenti di analisi adeguati all'interno della stessa Linea Guida LG-2022/002-APT di ENAC paragrafo 5.5.

2 GENERALITÀ SUL FENOMENO

2.1 Abbagliamento visivo

L'abbagliamento è definibile come la sensazione negativa percepita da un osservatore e generata dalla presenza all'interno del proprio campo visivo di una zona significativamente più luminosa con valori eccessivi di luminanza. La risposta dell'occhio umano alle variazioni della luminanza percepita, tramite i riflessi pupillari e meccanismi fotochimici retinici, può portare alla riduzione delle prestazioni visive (acuità visiva, percezione del contrasto, velocità di percezione) e disturbi astenopeici (affaticamento, stanchezza, disagio).

L'abbagliamento, in termini fisiologici, può essere distinto come:

- **debilitante**, quando vi è un peggioramento istantaneo, temporaneo, ma reversibile delle funzioni visive;
- **infastidente**, quando provoca un senso di disagio che non determina inabilità visiva, ma disturbi astenopeici e difficoltà di concentrazione, riduzione della capacità di attenzione, aumento delle probabilità di errore, riduzione del rendimento.

Al fine di eliminare pericoli alla navigazione aerea è fondamentale eliminare o almeno ridurre ad un livello accettabile questi fenomeni.

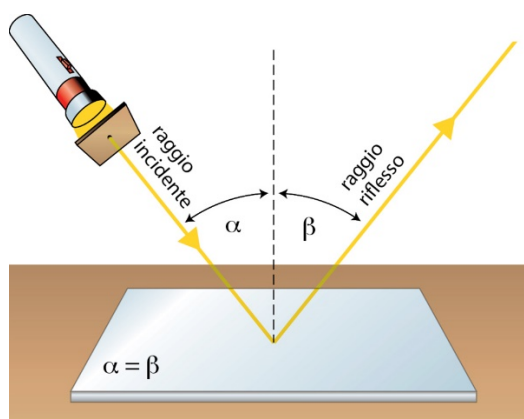
Per descrivere le conseguenze di un aumento della luminanza percepita dall'occhio umano vengono introdotti i concetti di "Luccichio" ("Glint" in inglese) e di "Bagliore" ("Glare" in inglese). Tali termini, ripresi anche dalla Linea Guida ENAC, sono definiti come segue:

- **luccichio (glint)**: lampo momentaneo di luce intensa causato ad esempio dal riflesso di una sorgente in movimento. Una tipica causa di luccichio è il riflesso della luce solare da parte di un'auto in movimento;
- **bagliore (glare)**: definito come una fonte continua di luce intensa. Il bagliore è generalmente associato a oggetti stazionari che, a causa del lento movimento relativo del sole, riflettono la luce solare per un periodo non istantaneo ma più durevole nel tempo.

La differenza tra bagliore e abbagliamento è quindi la **durata** nel tempo dell'aumento della luminanza percepita dall'osservatore.

2.2 Riflessione della luce nei moduli fotovoltaici

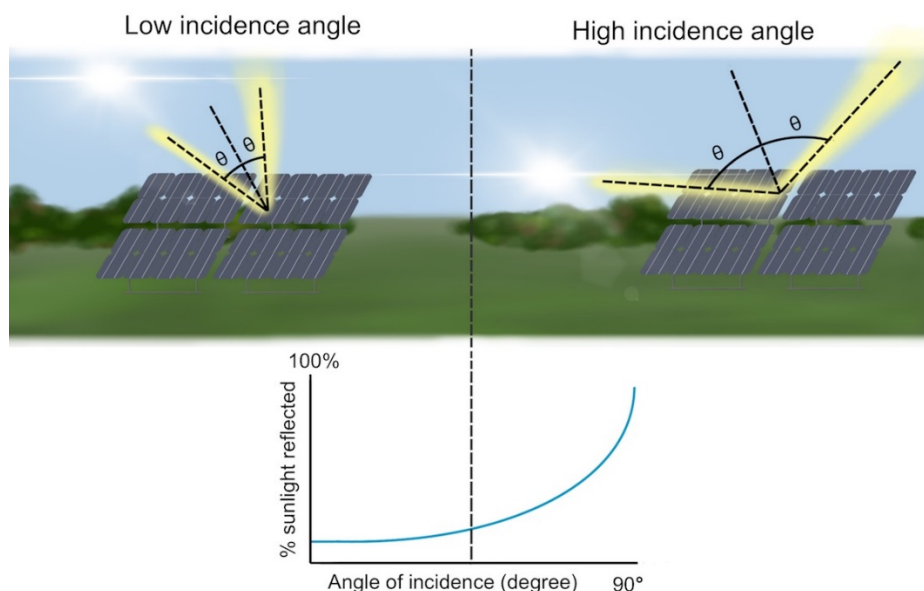
La riflessione indica la quantità di energia ("raggi") riflessa da parte di una superficie; il fenomeno, regolato dalla legge della riflessione geometrica, fa sì che l'angolo del raggio incidente, riferito alla normale della superficie considerata, è uguale all'angolo del raggio riflesso.



Quando la sorgente di luce considerata corrisponde alla luce solare, questa può essere divisa in due parti definite come:

- **irradiazione diretta normale (Direct Normal Irradiation, DNI):** quota dell'energia solare che arriva sulla superficie terrestre dal fascio diretto del sole, su un piano perpendicolare al fascio;
- **irradiazione diffusa orizzontale (Diffuse Horizontal Irradiation, DHI):** quota dell'energia solare incidente su un piano orizzontale sulla superficie terrestre causata dalla dispersione del fascio del sole da parte dell'atmosfera terrestre.

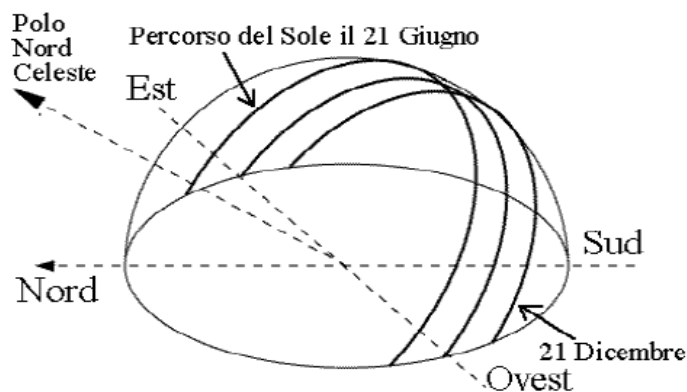
I moduli fotovoltaici normalmente non producono riflessione o bagliore significativi in quanto sono realizzati con vetro studiato appositamente per aver un effetto “non riflettente”; tuttavia tale effetto dipende fortemente dall'angolo di inclinazione tra moduli fotovoltaici e radiazione incidente e si applica solo all'irraggiamento solare diretto e non a quello diffuso.



I bassi valori di riflettività spesso associati ai pannelli fotovoltaici risultano essere validi solo quando i pannelli sono rivolti direttamente al sole; inoltre, nel caso i moduli siano installati su impianti fissi (no tracking), i valori minimi di riflettività sono reali solo pochi minuti al giorno.

2.3 Grafico Rischio Abbagliamento

L'installazione di un impianto fotovoltaico risulta essere una potenziale fonte di abbagliamento continuativo ("glare", "bagliore") nel tempo a causa della riflessione della luce solare da parte dei moduli FV; inoltre, l'abbagliamento varierà in funzione del tempo a causa della rotazione del globo terrestre attorno al proprio asse e del contemporaneo moto di rivoluzione attorno al sole.

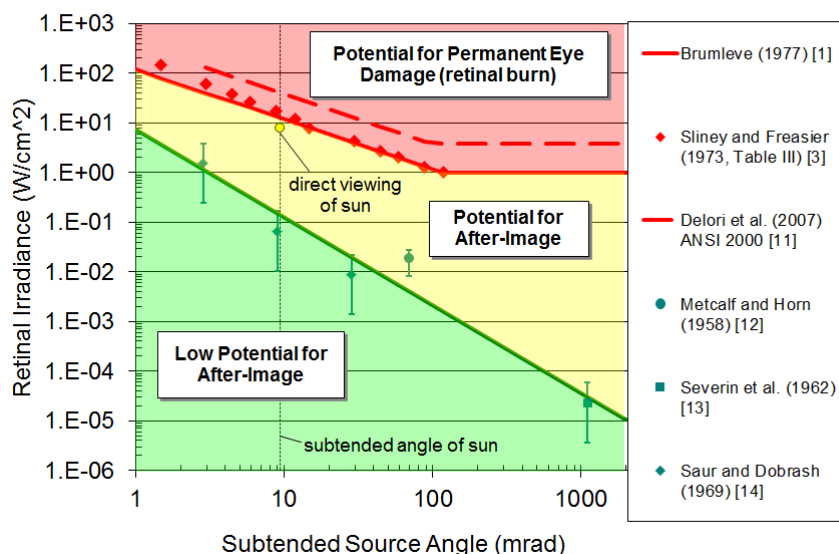


Come è ben noto, il disco solare sorge ad est e tramonta ad ovest e raggiungendo il punto più alto nel cielo al mezzogiorno locale e descrivendo un semicerchio inclinato verso la linea dell'orizzonte tanto più in direzione sud quanto più ci si avvicina al solstizio d'inverno (21 Dicembre) e tanto più in direzione nord quanto più ci si avvicina al solstizio d'estate (21 Giugno).

Per gli impianti fotovoltaici l'impatto dell'abbagliamento è legato all'interazione tra la posizione del sole, la posizione e l'elevazione dei moduli solari, la riflettività della superficie dei moduli, le dimensioni dell'installazione nonché la posizione dell'osservatore e qualsiasi potenziale barriera tra essi interposta.

Solitamente l'impatto oculare dell'abbagliamento causato dalla riflessione della luce solare da parte di una superficie viene visualizzato tramite l'impiego del grafico di Rischio Abbagliamento ("Glare Hazard"). Questo grafico mostra l'impatto oculare in funzione dell'angolo di sorgente sotteso e dell'irradianza retinica.

Tale valutazione, tramite l'impiego di software specifici, viene realizzata minuto per minuto al fine di considerare i vari angoli di incidenza tra la luce solare e la superficie riflettente durante tutto l'anno; ogni minuto di potenziale abbagliamento viene visualizzato sulla carta come un piccolo cerchio nella rispettiva zona di pericolo. Per comodità, viene fornito un punto di riferimento che illustra il pericolo derivante dalla visione del sole senza filtri, ovvero fissando il sole. Ciascun grafico include l'abbagliamento previsto per un array fotovoltaico e un recettore.



Nel grafico riportato si notano tre regioni:

- regione rossa: potenziale di danno oculare permanente (ustione retinale)
- regione gialla: potenziale per immagine residua temporanea (cecità da flash)
- regione verde: basso potenziale di immagine residua temporanea

Il rischio di abbagliamento è ritenuto nullo o accettabile se i risultati delle simulazioni restituiscono fenomeni di potenziale abbagliamento ricadenti all'interno della zona verde del diagramma.

Qualora l'esito delle simulazioni dovesse restituire la presenza di fenomeni di abbagliamento ricadenti nella zona rossa (danno retinico permanente), non sarà possibile accettare il rischio e si renderà necessario rivedere la progettazione del sistema.

Qualora invece dalle simulazioni dovessero risultare probabili fenomeni di abbagliamento in zona gialla, occorrerà approfondire l'analisi e valutare attentamente i tempi di esposizione effettiva e l'implementazione di eventuali misure di mitigazione.

3 ANALISI TRAMITE SOFTWARE FORGESOLAR®

3.1 Descrizione sito di installazione

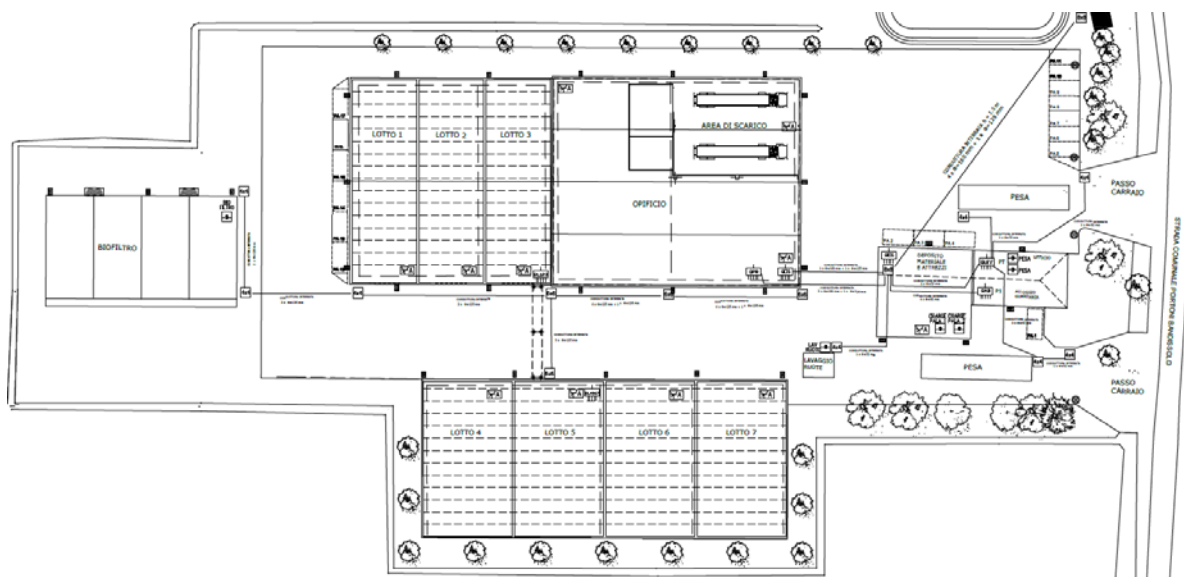
L'impianto oggetto della presente analisi sarà realizzato presso gli immobili nella corte denominata "Fienil Novo" sita nel comune di Portomaggiore (FE) in via Portoni Bandissolo.



L'impianto sarà installato sui tetti degli immobili e sarà composto di 5 sezioni corrispondenti a:

- Sezione Lotti 1-2-3, $P=73,8$ kWp;
- Sezione Lotti 4-5, $P=90$ kWp;
- Sezione Lotti 6-7, $P=90$ kWp;
- Sezione Opificio, $P=90$ kWp;
- Sezione Palazzina ufficio, $P=14,35$ kWp;

per una potenza complessiva pari a 358,15 kWp.



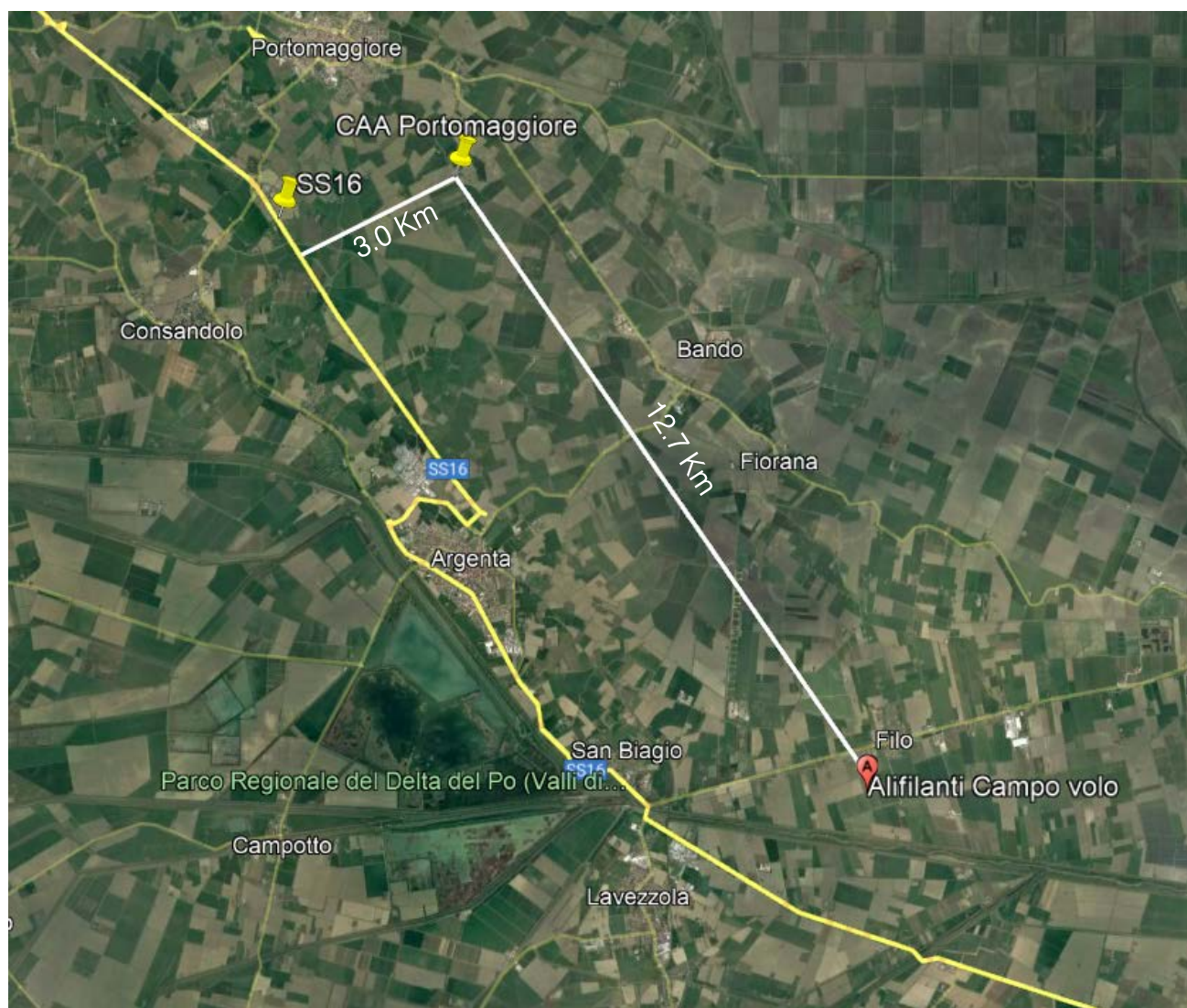
Tutti i moduli fotovoltaici avranno un orientamento pari a -10° rispetto al Sud e le seguenti inclinazioni:

- 6° i moduli sui lotti 1-2-3-4-5-6-7 e sull'ufficio
- 23° i moduli sulla palazzina ufficio.

3.2 Recettori sensibili

Il software Forgesolar® permette di considerare tre tipologie di recettore, ovvero:

- **Recettore del percorso di volo di 2 miglia (FPP, Flight Path Receptors):** simula un aereo che segue un percorso di avvicinamento in linea retta verso una pista di atterraggio;
- **Recettore del punto di osservazione (OP, Observer Point):** simula un osservatore in una posizione singola e discreta, definita da una latitudine, longitudine, elevazione e altezza dal suolo. Tale recettore viene impiegato per rappresentare una torre di controllo del traffico aereo;
- **Recettore di Rotta (RR, Route Receptors):** rappresentazione multilinea generica che può simulare gli osservatori che viaggiano lungo percorsi continui come strade, ferrovie ecc.



La ricerca di recettori potenzialmente soggetti a fenomeni di abbagliamento causati dall'impianto oggetto del presente documento ha portato all'individuazione delle seguenti zone di studio:

- **Campovolo Alifilanti (lat. 44.582763, long. 11.923687):** aviosuperficie sita a circa 12.7 km dal sito di installazione in direzione Sud-Est presso il comune di Argenta (FE);
- **Strada Statale S.S.16 "Adriatica":** situata a Ovest a circa 3 km del sito di installazione.

Nell'analisi software l'aviosuperficie individuata è stata simulata impiegando recettori di tipologia FPP (Flight Path Receptors), alla strada statale S.S.16 è stato assegnato un recettore di tipologia RP (Route Receptors).

La ricerca dei recettori sensibili è stata effettuata mediante sopralluogo nel sito di installazione unitamente alla consultazione dei servizi Google Maps e della mappa NOTAM.

3.3 Configurazione su software FORGESOLAR®

L'impianto di progetto è stato ricostruito all'interno di Forgesolar® inserendo tutte le sezioni di cui è composto e considerando l'impiego di modulo fotovoltaici dotati di rivestimento antiriflettente (ARC, anti reflection coating). Ogni sezione è rappresentata da un gruppo di uno o più array FV, ciascuno con un singolo orientamento e inclinazione.

Name: Moduli FV_lotti 1-2-3

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 6.0°

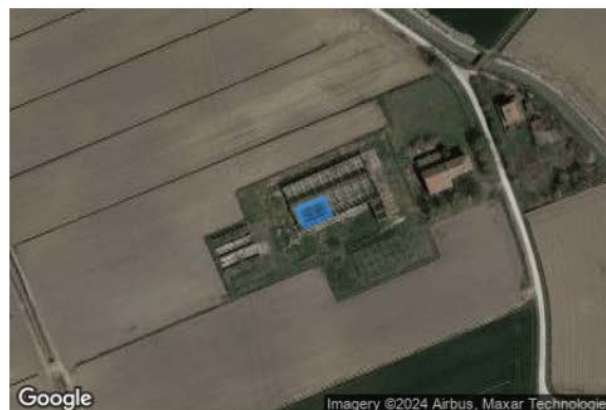
Orientation: 170.0°

Rated power: 73.8 kW

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



Name: Moduli FV_lotti 4-5

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 6.0°

Orientation: 170.0°

Rated power: 90.0 kW

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



Name: Moduli FV_lotti 6-7

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 6.0°

Orientation: 170.0°

Rated power: 90.0 kW

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



Name: Moduli FV_opificio1

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 6.0°

Orientation: 170.0°

Rated power: 45.0 kW

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



Name: Moduli FV_opificio2

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 6.0°

Orientation: 170.0°

Rated power: 45.0 kW

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



Name: Moduli FV_palazzina-ufficio

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 23.0°

Orientation: 170.0°

Rated power: 14.35 kW

Panel material: Smooth glass with AR coating

Reflectivity: Vary with sun

Slope error: correlate with material



I recettori considerati nell'analisi software sono stati complessivamente tre, due impiegati per simulare l'aviosuperficie individuata e uno per simulare la strada statale S.S.16.

Name: Campovolo Alifilanti_FP1

Description:

Threshold height: 15 m

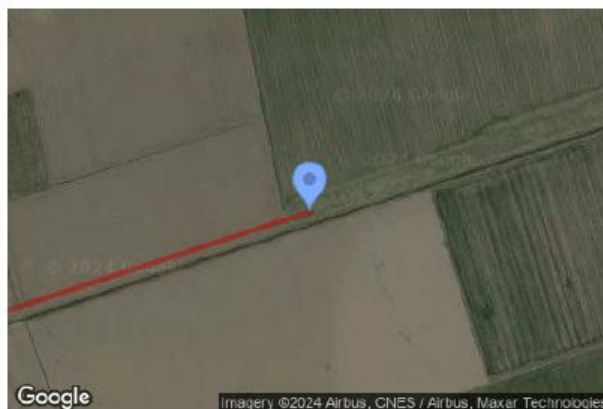
Direction: 72.0°

Glide slope: 3.0°

Pilot view restricted? Yes

Vertical view: 30.0°

Azimuthal view: 50.0°



Name: Campovolo Alifilanti_FP2

Description:

Threshold height: 15 m

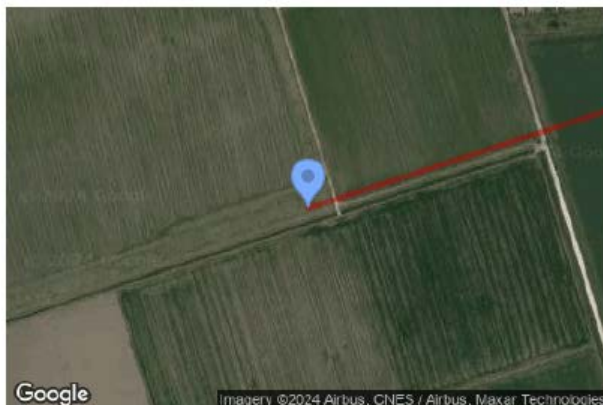
Direction: 252.0°

Glide slope: 3.0°

Pilot view restricted? Yes

Vertical view: 30.0°

Azimuthal view: 50.0°



Name: SS16 - Strada Statale Adriatica

Path type: Two-way

Observer view angle: 50.0°



3.4 Risultati e Conclusioni

Di seguito viene riportata la scheda di riepilogo dei risultati fornita dal software di analisi al termine dell'elaborazione dei dati. In particolare, la tabella riepiloga l'abbagliamento previsto, espresso in minuti, per gli specifici recettori considerati.

Al termine dello studio previsionale effettuato risulta che l'impianto fotovoltaico da realizzare presso gli immobili nella corte "Fienil Novo" sita nel comune di Portomaggiore (FE), se realizzato come indicato nella documentazione di progetto, non genererà fenomeni di abbagliamento che potrebbero costituire potenziali pericoli per la navigazione aerea.

Summary of Results No glare predicted

PV Array	Tilt °	Orient °	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Energy kWh	Peak Luminance cd/m ²
			min	hr	min	hr		
Moduli FV_lotti 1-2-3	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	144,100.0	0
Moduli FV_lotti 4-5	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	175,600.0	0
Moduli FV_lotti 6-7	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	175,700.0	0
Moduli FV_opificio1	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	87,830.0	0
Moduli FV_opificio2	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	87,830.0	0
Moduli FV_palazzina- ufficio	23.0	170.0	0	0.0	0	0.0	32,350.0	0

Ferrara, 29/01/2024

4 ALLEGATI

- A. REPORT FORGESOLAR
- B. SCHEDA TECNICA MODULI FOTOVOLTAICI DI PROGETTO

FORGESOLAR GLARE ANALYSIS

Project: **CAA Portomaggiore**

Analisi previsionale abbagliamento impianto fotovoltaico presso impianto per la produzione di fertilizzanti da fanghi di depurazione sito in via Portoni Bandissolo presso comune di Portomaggiore (Ferrara)

Site configuration: **Analisi Abbagliamento**

Created 19 Jan, 2024

Updated 23 Jan, 2024

Time-step 1 minute

Timezone offset UTC1

Minimum sun altitude 0.0 deg

DNI peaks at 6,335.0 W/m²

Category 100 to 500 kW

(1,000 kW / 32,400 m² limit)

Site ID 110046.19052

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	Peak Luminance cd/m ²
			min	hr	min	hr		
Moduli FV_lotti 1-2-3	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	144,100.0	0
Moduli FV_lotti 4-5	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	175,600.0	0
Moduli FV_lotti 6-7	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	175,700.0	0
Moduli FV_opificio1	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	87,830.0	0
Moduli FV_opificio2	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	87,830.0	0
Moduli FV_palazzina-ufficio	23.0	170.0	0	0.0	0	0.0	32,350.0	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
SS16 - Strada Statale Adriatica	0	0.0	0	0.0
Campovolo Alifilanti_FP1	0	0.0	0	0.0
Campovolo Alifilanti_FP2	0	0.0	0	0.0

Component Data

PV Arrays

Name: Moduli FV_lotti 1-2-3
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 6.0°
Orientation: 170.0°
Rated power: 73.8 kW
Panel material: Smooth glass with 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	44.677202	11.833450	9.30	0.50	9.80
2	44.677265	11.833662	9.30	0.50	9.80
3	44.677165	11.833717	7.60	0.50	8.10
4	44.677101	11.833508	7.60	0.50	8.10

Name: Moduli FV_lotti 4-5
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 6.0°
Orientation: 170.0°
Rated power: 90.0 kW
Panel material: Smooth glass with 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	44.676940	11.833944	8.60	0.50	9.10
2	44.676978	11.834067	8.60	0.50	9.10
3	44.676877	11.834131	6.00	0.50	6.50
4	44.676841	11.834003	6.00	0.50	6.50

Name: Moduli FV_lotti 6-7

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 6.0°

Orientation: 170.0°

Rated power: 90.0 kW

Panel material: Smooth glass with 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	44.676994	11.834111	8.60	0.50	9.10
2	44.677027	11.834235	8.60	0.50	9.10
3	44.676928	11.834298	6.00	0.50	6.50
4	44.676890	11.834176	6.00	0.50	6.50

Name: Moduli FV_opificio1

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 6.0°

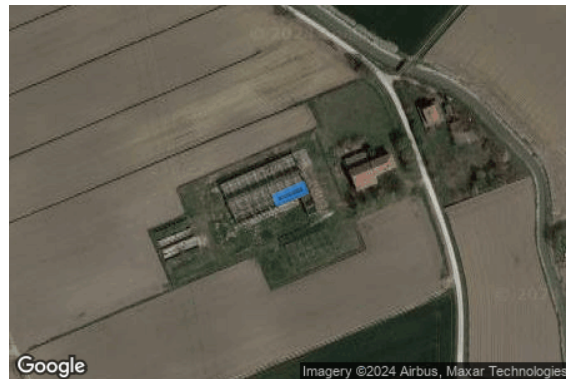
Orientation: 170.0°

Rated power: 45.0 kW

Panel material: Smooth glass with 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	44.677252	11.833807	12.60	0.50	13.10
2	44.677329	11.834048	12.60	0.50	13.10
3	44.677275	11.834079	11.50	0.50	12.00
4	44.677204	11.833830	11.50	0.50	12.00

Name: Moduli FV_opificio2

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 6.0°

Orientation: 170.0°

Rated power: 45.0 kW

Panel material: Smooth glass with 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	44.677375	11.833733	12.60	0.50	13.10
2	44.677448	11.833980	12.60	0.50	13.10
3	44.677396	11.834009	11.50	0.50	12.00
4	44.677326	11.833769	11.50	0.50	12.00

Name: Moduli FV_palazzina-ufficio

Axis tracking: Fixed (no rotation)

Tilt: 23.0°

Orientation: 170.0°

Rated power: 14.35 kW

Panel material: Smooth glass with 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	44.677345	11.834523	7.30	0.50	7.80
2	44.677377	11.834629	7.30	0.50	7.80
3	44.677331	11.834659	5.25	0.50	5.75
4	44.677298	11.834551	5.25	0.50	5.75

Route Receptors

Name: SS16 - Strada Statale Adriatica

Path type: Two-way

Observer view angle: 50.0°



Vertex	Latitude (°)	Longitude (°)	Ground elevation (m)	Height above ground (m)	Total elevation (m)
1	44.675467	11.790740	2.47	1.50	3.97
2	44.671797	11.793959	2.13	1.50	3.63
3	44.668308	11.796952	2.25	1.50	3.75
4	44.664454	11.800259	2.30	1.50	3.80
5	44.660261	11.803800	1.24	1.50	2.74
6	44.655726	11.807879	0.15	1.50	1.65
7	44.651659	11.811824	1.24	1.50	2.74
8	44.651606	11.811942	1.00	1.50	2.50

Flight Path Receptors

Name: Campovolo Alifilanti_FP1

Description:

Threshold height: 15 m

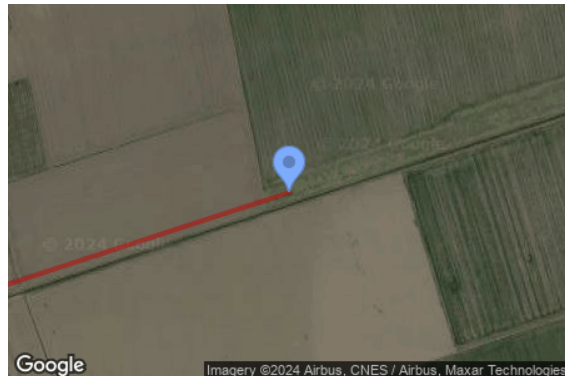
Direction: 72.0°

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	44.581942	11.920275	2.30	15.24	17.54
Two-mile	44.573003	11.881626	2.78	183.44	186.22

Name: Campovolo Alifilanti_FP2

Description:

Threshold height: 15 m

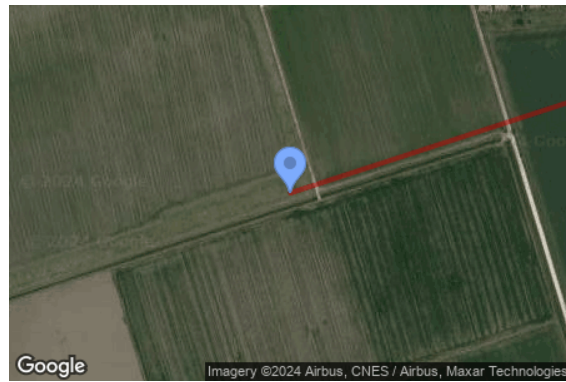
Direction: 252.0°

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	44.583124	11.925289	2.96	15.24	18.20
Two-mile	44.592058	11.963942	-1.79	188.68	186.88

Glare Analysis Results

Summary of Results No glare predicted

PV Array	Tilt °	Orient °	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Energy kWh	Peak Luminance cd/m ²
			min	hr	min	hr		
Moduli FV_lotti 1-2-3	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	144,100.0	0
Moduli FV_lotti 4-5	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	175,600.0	0
Moduli FV_lotti 6-7	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	175,700.0	0
Moduli FV_opificio1	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	87,830.0	0
Moduli FV_opificio2	6.0	170.0	0	0.0	0	0.0	87,830.0	0
Moduli FV_palazzina-ufficio	23.0	170.0	0	0.0	0	0.0	32,350.0	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
SS16 - Strada Statale Adriatica	0	0.0	0	0.0
Campovolo Alifilanti_FP1	0	0.0	0	0.0
Campovolo Alifilanti_FP2	0	0.0	0	0.0

PV: Moduli FV_lotti 1-2-3 no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Peak Luminance
	min	hr	min	hr	cd/m ²
SS16 - Strada Statale Adriatica	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP1	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP2	0	0.0	0	0.0	0

Moduli FV_lotti 1-2-3 and Route: SS16 - Strada Statale Adriatica

No glare found

Moduli FV_lotti 1-2-3 and FP: Campovolo Alifilanti_FP1

No glare found

Moduli FV_lotti 1-2-3 and FP: Campovolo Alifilanti_FP2

No glare found

PV: Moduli FV_lotti 4-5 no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Peak Luminance
	min	hr	min	hr	cd/m ²
SS16 - Strada Statale Adriatica	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP1	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP2	0	0.0	0	0.0	0

Moduli FV_lotti 4-5 and Route: SS16 - Strada Statale Adriatica

No glare found

Moduli FV_lotti 4-5 and FP: Campovolo Alifilanti_FP1

No glare found

Moduli FV_lotti 4-5 and FP: Campovolo Alifilanti_FP2

No glare found

PV: Moduli FV_lotti 6-7 no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Peak Luminance
	min	hr	min	hr	cd/m ²
SS16 - Strada Statale Adriatica	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP1	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP2	0	0.0	0	0.0	0

Moduli FV_lotti 6-7 and Route: SS16 - Strada Statale Adriatica

No glare found

Moduli FV_lotti 6-7 and FP: Campovolo Alifilanti_FP1

No glare found

Moduli FV_lotti 6-7 and FP: Campovolo Alifilanti_FP2

No glare found

PV: Moduli FV_opificio1 no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Peak Luminance
	min	hr	min	hr	cd/m ²
SS16 - Strada Statale Adriatica	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP1	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP2	0	0.0	0	0.0	0

Moduli FV_opificio1 and Route: SS16 - Strada Statale Adriatica

No glare found

Moduli FV_opificio1 and FP: Campovolo Alifilanti_FP1

No glare found

Moduli FV_opificio1 and FP: Campovolo Alifilanti_FP2

No glare found

PV: Moduli FV_opificio2 no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Peak Luminance
	min	hr	min	hr	cd/m ²
SS16 - Strada Statale Adriatica	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP1	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP2	0	0.0	0	0.0	0

Moduli FV_opificio2 and Route: SS16 - Strada Statale Adriatica

No glare found

Moduli FV_opificio2 and FP: Campovolo Alifilanti_FP1

No glare found

Moduli FV_opificio2 and FP: Campovolo Alifilanti_FP2

No glare found

PV: Moduli FV_palazzina-ufficio no glare found

Receptor results ordered by category of glare

Receptor	Annual Green Glare		Annual Yellow Glare		Peak Luminance
	min	hr	min	hr	cd/m ²
SS16 - Strada Statale Adriatica	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP1	0	0.0	0	0.0	0
Campovolo Alifilanti_FP2	0	0.0	0	0.0	0

Moduli FV_palazzina-ufficio and Route: SS16 - Strada Statale Adriatica

No glare found

Moduli FV_palazzina-ufficio and FP: Campovolo Alifilanti_FP1

No glare found

Moduli FV_palazzina-ufficio and FP: Campovolo Alifilanti_FP2

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):

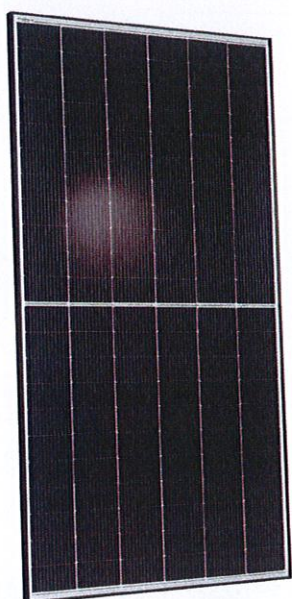
- Analysis time interval: 1 minute
- Ocular transmission coefficient: 0.5
- Pupil diameter: 0.002 meters
- Eye focal length: 0.017 meters
- Sun subtended angle: 9.3 milliradians

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

Q.PEAK DUO ML-G10.4

395-415

OUTSTANDING RELIABILITY
AND EXCEPTIONAL YIELDS



BREAKING THE 21% EFFICIENCY BARRIER

PERC Technology with zero gap cell layout boosts module efficiency up to 21.4%.



THE MOST THOROUGH TESTING PROGRAMME IN THE INDUSTRY

Q CELLS is the first solar module manufacturer to pass the most comprehensive quality programme in the industry. The new "Quality Controlled PV" of the independent certification institute TÜV Rheinland.



INNOVATIVE ALL-WEATHER TECHNOLOGY

Optimal yields, whatever the weather with excellent low-light and temperature behaviour.



ENDURING HIGH PERFORMANCE

Long-term yield security thanks to regular PID and Hot-Spot tests according to IEC requirements.



EXTREME WEATHER RATING

High-tech aluminium alloy frame, certified for high snow (5400Pa) and wind loads (4000Pa).



A RELIABLE INVESTMENT

Inclusive 12-year product warranty and 25-year linear performance warranty¹.

¹ See data sheet on rear for further information.

THE IDEAL SOLUTION FOR:



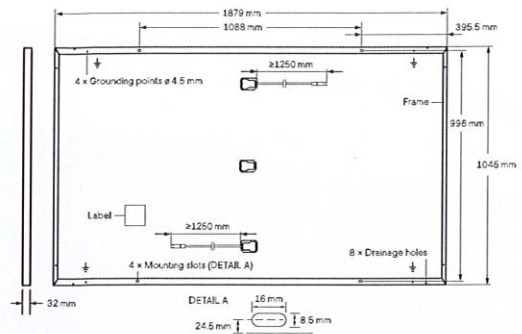
Rooftop arrays on
residential buildings

Engineered in Germany

Q CELLS

MECHANICAL SPECIFICATION

Format	1879 mm × 1045 mm × 32 mm (including frame)
Weight	22.0 kg
Front Cover	3.2 mm thermally pre-stressed glass with anti-reflection technology
Back Cover	Composite film
Frame	Black anodised aluminium
Cell	6 × 22 monocrystalline PERC solar half cells
Junction box	53-101 mm × 32-60 mm × 15-18 mm Protection class IP67, with bypass diodes
Cable	4 mm ² Solar cable; (+) ≥ 1250 mm, (-) ≥ 1250 mm
Connector	Stäubli MC4, Hanwha Q CELLS HQC4; IP68



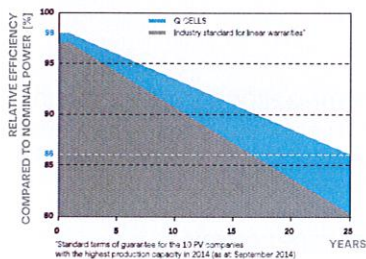
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

POWER CLASS		395	400	405	410	415
MINIMUM PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS, STC ¹ (POWER TOLERANCE +5 W / -0 W)						
Minimum	Power at MPP ¹	P_{MPP} [W]	395	400	405	410
	Short Circuit Current ¹	I_{SC} [A]	11.13	11.16	11.19	11.22
	Open Circuit Voltage ¹	V_{OC} [V]	45.03	45.06	45.09	45.13
	Current at MPP	I_{MPP} [A]	10.58	10.64	10.70	10.76
	Voltage at MPP	V_{MPP} [V]	37.32	37.59	37.85	38.11
	Efficiency ¹	η [%]	≥ 20.1	≥ 20.4	≥ 20.6	≥ 20.9
MINIMUM PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CONDITIONS, NMOT ²						
Minimum	Power at MPP	P_{MPP} [W]	296.4	300.1	303.9	307.6
	Short Circuit Current	I_{SC} [A]	8.97	8.99	9.02	9.04
	Open Circuit Voltage	V_{OC} [V]	42.46	42.49	42.52	42.56
	Current at MPP	I_{MPP} [A]	8.33	8.38	8.43	8.48
	Voltage at MPP	V_{MPP} [V]	35.59	35.82	36.04	36.27

¹Measurement tolerances $P_{MPP} \pm 3\%$; I_{SC} ; $V_{OC} \pm 5\%$ at STC: 1000 W/m², 25 ± 2 °C, AM 1.5 according to IEC 60904-3 • *800 W/m², NMOT, spectrum AM 1.5

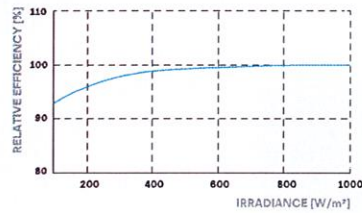
Q CELLS PERFORMANCE WARRANTY

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE



At least 98% of nominal power during first year. Thereafter max. 0.5% degradation per year. At least 93.5% of nominal power up to 10 years. At least 86% of nominal power up to 25 years.

All data within measurement tolerances. Full warranties in accordance with the warranty terms of the Q CELLS sales organisation of your respective country.



Typical module performance under low irradiance conditions in comparison to STC conditions (25 °C, 1000 W/m²).

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature Coefficient of I_{SC}	α [%/K]	+0.04	Temperature Coefficient of V_{OC}	β [%/K]	-0.27
Temperature Coefficient of P_{MPP}	γ [%/K]	-0.34	Nominal Module Operating Temperature	NMOT [°C]	43 ± 3

PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN

Maximum System Voltage	V_{SYS} [V]	1000	PV module classification	Class II
Maximum Reverse Current	I_R [A]	20	Fire Rating based on ANSI/UL 61730	C / TYPE 2
Max. Design Load, Push / Pull	[Pa]	3600 / 2660	Permitted Module Temperature on Continuous Duty	-40 °C - +85 °C
Max. Test Load, Push / Pull	[Pa]	5400 / 4000		

QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES

Quality Controlled PV -
TÜV Rheinland,
IEC 61215:2016,
IEC 61730:2016.
This data sheet complies
with DIN EN 50380.



PACKAGING INFORMATION

	1940 mm	1100 mm	1220 mm	751 kg	28 pallets	24 pallets	32 modules
Horizontal packaging							
Vertical packaging	1970 mm	1150 mm	1215 mm	765 kg	28 pallets	24 pallets	33 modules

Note: Installation instructions must be followed. See the installation and operating manual or contact our technical service department for further information on approved installation and use of this product.

Hanwha Q CELLS GmbH

Sonnenallee 17-21, 06766 Bitterfeld-Wolfen, Germany | TEL +49 (0)3494 66 99-23444 | FAX +49 (0)3494 66 99-23000 | EMAIL sales@q-cells.com | WEB www.q-cells.com

Specifications subject to technical changes © Q CELLS Q-PEAK DUO ML-G10.4_395-415_2021-06_Rev01_EN