



REGIONE BASILICATA



COMUNE DI CRACO (MT)

**Progetto definitivo di un impianto fotovoltaico da 19,92 MWp,
delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili
da ubicare in agro di Craco (MT)
località "Provani"
al foglio 33 p.lle 15-21-27-91-106-166-168-704
e al foglio 21 p.lle 30-31-32**

ELABORATO
A.5

**RELAZIONE TECNICA IMPIANTO
FOTOVOLTAICO**

COMMITTENTE

ECOPUGLIA 3 s.r.l
Via Alessandro Manzoni n.30 – 20121 Milano (MI)
C.F./P.IVA 11117540960
ecopuglia3srl@legalmail.it



Ecopuglia 3 S.r.l.
via Alessandro Manzoni 30
20121 Milano (MI)
P. IVA 11117540960

PROGETTISTA

Dott. Ing. Gaetano Mastrandrea
Corso Vittorio Emanuele 76, 70027 Palo del Colle (BA)
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 2077
P.IVA 00860050723
gaetano.mastrandrea2077@pec.ordingbari.it



INGEGNERE
GAETANO
MASTRANDREA
REG. A - 2077
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DI BARI
PROVINCIA DI BARI

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

SOMMARIO

PREMESSA

- **DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO**
- **DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO**
- **CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI, CON L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DEL VOLUME DA PROTEGGERE**

PREMESSA

Il sottoscritto ing. Gaetano Mastrandrea, nato a Palo del Colle il 07-12-1949 C.F. MSTGTN49T07G291W, regolarmente iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Bari col n. 2077, con ufficio in Palo del Colle in Corso Vittorio Emanuele n° 76, progettista della ECOPUGLIA3 s.r.l

Sede Legale: Via Alessandro Manzoni n°30

20121 Milano (MI) P.IVA: 11117540960

Legale rappresentante: Yoav Shapira

Mail: ecopuglia3srl@lagalmail.it

Tel. 3453538709

In relazione al progetto dell'impianto elettrico a servizio dell'impianto fotovoltaico da 19.920 kWp da realizzare in località "Probani" in agro di Craco (MT), redige la presente relazione tecnica di impianto.

DESCRIZIONE DELL'OPERA E COLLOCAZIONE NEL TERRITORIO

L'impianto identificato dal codice di rintracciabilità 202000857, è ubicato in agro di Craco (MT) in località "Probani" su terreno censito al catasto al foglio 33 p.lle 15-21-27-91-106-166-168-704 e al foglio 21 p.lle 30-31-32.

Il generatore fotovoltaico è di tipo installato a terra ed è costituito da 43.304 moduli da 460 Wp in silicio monocristallino, posati su doppia fila in verticale su strutture in acciaio zincato direttamente infisse nel terreno con angolo di azimut 0° ad inseguimento definito tracker mono assiale.

Le stringhe sono formate da 62 moduli collegati in serie, ciascuna stringa afferisce all'inverter dislocato in campo, tutti gli inverter di ciascun sottocampo sono poi collegati in parallelo sul quadro di sottocampo ubicato nelle cabine di campo dove avviene il passaggio da Bt ad MT a mezzo di un trasformatore elevatore con la relativa protezione MT, una rete in MT raccoglie l'energia ad anello e la convoglia nel punto di consegna dove viene immessa nella rete elettrica nazionale.

Il progetto in esame, finalizzato alla produzione della cosiddetta energia elettrica "pulita", bene si inquadra nel disegno nazionale di incremento delle risorse energetiche utilizzando fonti alternative a quelle di sfruttamento dei combustibili fossili, ormai reputate spesso dannose per gli ecosistemi e per la salvaguardia ambientale. La crescente domanda di energia elettrica impone un incremento della produzione che non può non essere rivolta a tale forma alternativa di comprovata efficacia, stante le strutture già esistenti che ne confermano l'utilità, non solo in Italia ma nel mondo. Il sito scelto, in tale contesto, viene a ricadere in aree naturalmente predisposte a tale utilizzo.

L'area risulta idonea e quindi ottimale per un razionale sviluppo di impianti fotovoltaici. La realizzazione di questi ultimi viene ritenuta una corretta strada per la realizzazione di fonti energetiche alternative principalmente in relazione ai suoi requisiti di rinnovabilità e inesauribilità, in assenza di emissioni inquinanti, legati al vantaggio di non necessitare di opere imponenti per gli impianti che, tra l'altro, possono essere rimossi, al termine della loro vita produttiva, senza avere apportato al sito variazioni significative del pregresso stato naturale. Lo sviluppo di tali fonti di approvvigionamento energetico favorisce, inoltre, l'occupazione e il coinvolgimento delle realtà locali riducendo l'impatto sull'ambiente legato al classico ciclo di produzione energetica.

DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO

Le centrali fotovoltaiche, alla luce del continuo sviluppo di nuove tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, rappresentano oggi una realtà concreta in termini di disponibilità di energia elettrica in aree geografiche come quelle interessate dal presente progetto. Questo tipo di installazioni infatti possono garantire una sensibile diminuzione delle centrali termoelettriche funzionanti con combustibile di tipo tradizionale (gasolio o combustibili fossili) col duplice vantaggio di eliminare l'emissione di anidride carbonica nell'atmosfera e di un cospicuo risparmio energetico. Pertanto, la possibilità di sfruttare l'energia ricavata dalla radiazione solare è senza dubbio, per la comunità, un'occasione di sviluppo dal punto di vista dell'occupazione e della salvaguardia dell'ambiente, poiché trattasi di energia pulita.

L'impianto fotovoltaico si compone essenzialmente di:

- Generatore fotovoltaico, ovvero moduli fotovoltaici e strutture di sostegno e montaggio,
- Rete elettrica, ovvero scavi, cavidotti e cavi;
- Power Station, ovvero stazioni di trasformazione sia da DC in AC (Inverter) che da Bt in MT (Trasformatore).

In sostanza l'impianto fotovoltaico si compone di opere civili ed opere elettriche.

Le opere civili da realizzare, recinzione e viabilità interne incluse, risultano essere compatibili con l'inquadramento urbanistico del territorio; esse non comportano una variazione della "destinazione d'uso del territorio" e non necessitano di alcuna "variante allo strumento urbanistico". Oltre all'installazione del generatore fotovoltaico, sarà necessario realizzare un elettrodotto per il trasporto dell'energia sino al punto di consegna; il tracciato dell'elettrodotto è evidenziato nelle tavole di progetto, redatto in conformità al PIEAR Basilicata "Principi generali per la progettazione, la realizzazione, l'esercizio e la dismissione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" ed ai sensi del D. Lgs. 29/12/2003 n°387 per l'adozione del provvedimento finale di autorizzazione relativa ad impianti alimentati da fonti rinnovabili e delle opere agli stessi connesse, nonché delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio.

Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono i FU 460 della FuturaSun, e sono in silicio monocristallino, 144 celle monocristalline PERC half-cut 166 x 83 mm, pertanto di dimensioni 2094x1038x35 mm, da 460 Wp ovvero ad alta efficienza, e garanzia di 15 anni sul prodotto, ciò garantisce a parità di potenza installata una minore occupazione del suolo rispetto a moduli con efficienza standard.

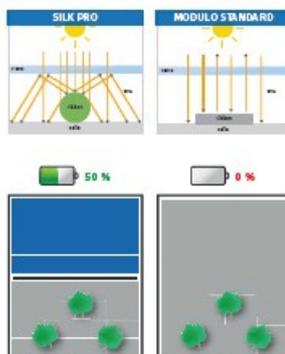


IEC 01215:2016 - IEC 01730:2016 & Factory Inspection
Reazione al Fuoco - Classe 1



CARATTERISTICHE GENERALI

- Garanzia di 15 anni sul prodotto
- Mezze celle PERC da 166 mm con 9 busbar
- Alta efficienza del modulo fino a 21,16%
- Meno ombre e più luce riflessa sulla cella grazie al ribbon cilindrico
- Prestazioni migliorate in caso di ombreggiamento grazie alle 2 sezioni indipendenti del modulo
- Produzione di energia migliorata grazie al NMOT basso
- Meno rischio di hot spot e micro cracks
- La combinazione della tecnologia half-cut e multi-busbar riduce la corrente operativa e la resistenza interna



GARANZIE

Garanzia sul rendimento dei moduli

Max decadimento **0,5%** all'anno

97% per il 1° anno

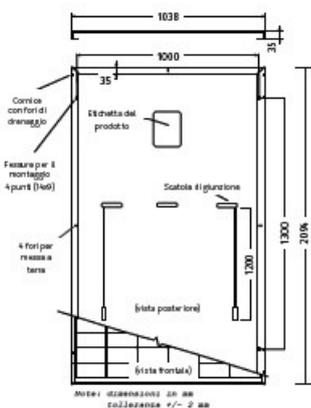
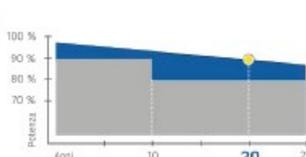
90% al termine del 20° anno **NEW**

87% al termine del 25° anno

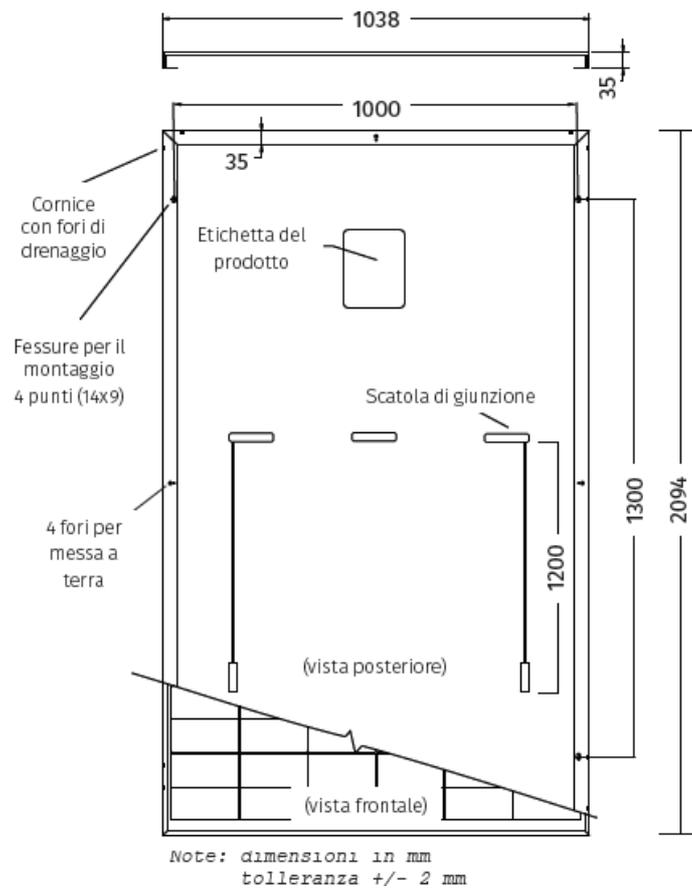
Garanzia sul prodotto

15 ANNI **NEW**

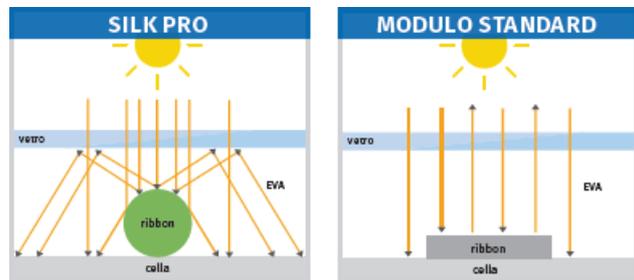
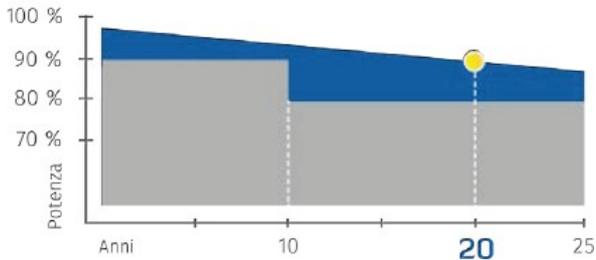
Performance standard del mercato
Performance FuturaSun



Sono caratterizzati da una cornice in alluminio e da una lastra di protezione delle celle, a basso contenuto di ferro, temperato, antiriflesso, trasparente 3,2 mm, che garantiscono una elevata resistenza meccanica, una resistenza al fuoco, oltre a ottime prestazioni da un punto di vista di minori perdite per le connessioni elettriche, minori perdite dovute ad ombreggiamenti e minori perdite per temperature.



■ Performance standard del mercato
 ■ Performance FuturaSun



I moduli scelti sono caratterizzati da elevate efficienza, oltre che da tolleranze positive e da buona insensibilità alle variazioni delle tensioni al variare della temperatura e dai seguenti parametri tecnici

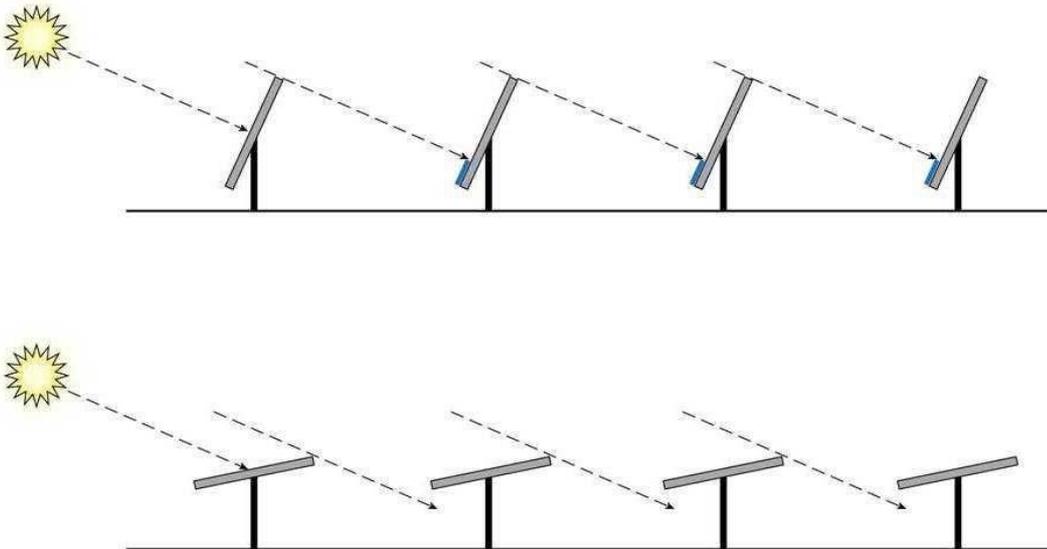
CARATTERISTICHE ELETTRICHE								
MODULO SILK PRO		FU 435 M Silk Pro*	FU 440 M Silk Pro*	FU 445 M Silk Pro*	FU 450 M Silk Pro*	FU 455 M Silk Pro*	FU 460 M Silk Pro*	
Standard Test Conditions STC: 1000 W/sqm - AM 1,5 - 25 °C - tolleranze: Pmax (±3%), Voc (±4%), Isc (±5%)								
Potenza del modulo (Pmax)	W	435	440	445	450	455	460	
Tensione di circuito aperto (Voc)	V	48,90	49,10	49,30	49,50	49,70	49,90	
Corrente di corto circuito (Isc)	A	11,24	11,30	11,37	11,43	11,49	11,55	
Tensione di massima potenza (Vmpp)	V	40,74	40,94	41,13	41,33	41,52	41,71	
Corrente di massima potenza (Impp)	A	10,68	10,75	10,82	10,89	10,96	11,03	
Efficienza modulo	%	19,70	19,90	20,10	20,40	20,60	20,82	
Nominal Module Operating Temperature NMOT: 800 W/mq - T=45 °C - AM 1,5								
Massima Potenza (Pmax)	W	323	327	331	335	338	342	
Tensione di circuito aperto (Voc)	V	45,80	45,99	46,17	46,36	46,54	46,72	
Corrente di corto circuito (Isc)	A	9,08	9,13	9,18	9,23	9,28	9,33	
Tensione di massima potenza (Vmpp)	V	38,40	38,60	38,80	39	39,20	39,40	
Corrente di massima potenza (Impp)	A	8,41	8,47	8,52	8,58	8,63	8,68	
CARATTERISTICHE OPERATIVE								
Coefficiente di temperatura Isc	%/°C						0,048	
Coefficiente di temperatura Voc	%/°C						-0,28	
Coefficiente di temperatura Pmax	%/°C						-0,38	
NMOT **	°C						45	
Temperatura di esercizio	°C						da -40 a +85	

*In fase di certificazione

**Nominal Module Operating Temperature

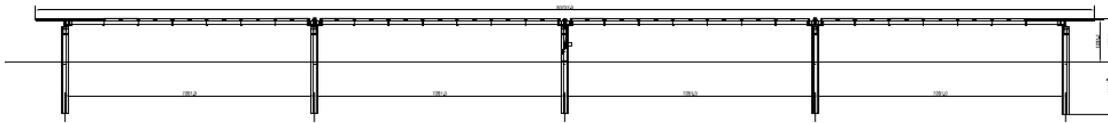
Strutture di sostegno

Come detto le strutture sono ad inseguimento del tipo mono assiale, est – ovest, con tilt 0°, ad infissione nel terreno con macchina operatrice battipalo, e sono realizzate per allocare due moduli in verticale come da foto esemplificativa:

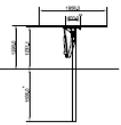


I tracker sono della CONVERT modello TRJHT30PDP

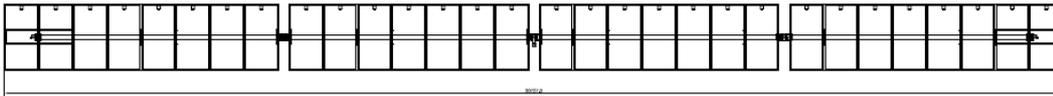
TRJHT30PDP - front view



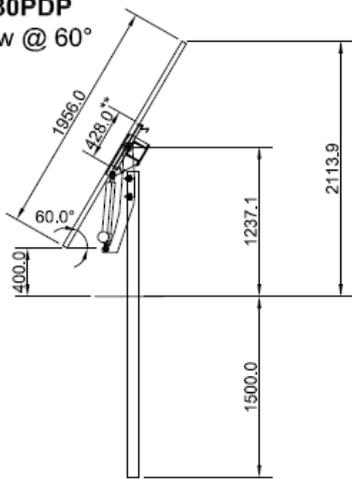
TRJHT30PDP
side view



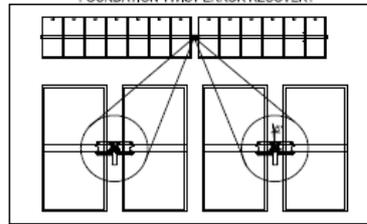
TRJHT30PDP - top view



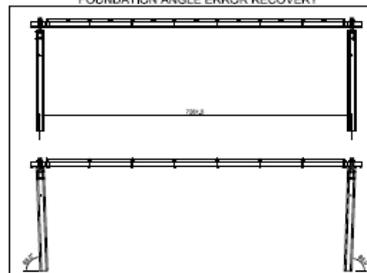
TRJHT30PDP
side view @ 60°



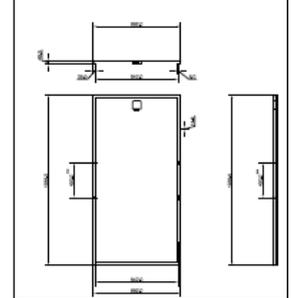
FOUNDATION TWIST ERROR RECOVERY



FOUNDATION ANGLE ERROR RECOVERY



Photovoltaic Module Example



Material data sheet :

Model	TRJHT30PDP
Description	TRJHT30PDP - 3000x1000x1000mm
Material	Aluminum 6063-T5
Finish	White powder coating
Weight	12.5 kg
Dimensions	3000x1000x1000mm



Figure 5: AC Linear Actuator and SKC control board detail



Le strutture portanti sono costituite da un montante verticale in acciaio zincato da una testata di supporto alla fondazione su cui vengono installati gli attuatori lineari e gli arcarecci in alluminio orizzontali su cui vengono posizionati i moduli.

L'infissione dei profili di palificazione nel terreno viene eseguito con battipali idraulici con riguardo al terreno. Questo procedimento di palificazione consente di evitare la realizzazione di plinti in cemento armato anche per forme di terreno più difficili (pietre ecc.); infatti in caso di sottosuoli in roccia, la macchina può essere attrezzata aggiuntivamente con un gruppo di foratura. Il montaggio è possibile anche su pendii.

La traversa presenta una geometria del profilo orientata secondo il flusso di forze, in questo modo si realizzano le caratteristiche statiche necessarie con un impiego minimo di materiale. In tutti i profili sono incorporate le relative scanalature di fissaggio che ne facilitano il montaggio. Le traverse vengono fissate alle unità di supporto con graffe di montaggio speciali.



Il montaggio dei moduli viene eseguito in modo rapido ed economico - a seconda della dotazione desiderata dei moduli da terra o con ausili adeguati.

Rete elettrica e cavi

La rete di distribuzione elettrica interna al sito in corrente continua e in media tensione, è di tipo interrato, realizzata in scavo a sezione ristretta di dimensione idonea a contenere i cavidotti come da elaborato grafico di progetto, ad altezza non inferiore a 60 cm per la rete in Bt e a 100 cm per la rete in MT per evitare eventuali interferenze.

Il fondo degli scavi sarà spianato e rivestito con sabbia per formare un idoneo letto di posa dei cavidotti. I cavidotti saranno di tipo corrugato serie pesante resistenti allo schiacciamento con diametro determinato per consentire un adeguato grado di costipazione, di sfilabilità e di futura eventuale espansione, da un punto di vista normativo il diametro del fascio dei cavi contenuti nel cavidotto deve essere $1/3$ del diametro del cavidotto stesso.

I cavi utilizzati saranno tutti a doppio isolamento, con sezione idonea affinché la portata nominale del cavo sia superiore alla corrente di impiego e la caduta di tensione sia contenuta al 4% fino al punto di consegna.

L'utilizzo di inverter di stringa ubicati in campo e con tensione massima di 1500V, consente di ottimizzare la sezione ed il numero di cavi in campo, riducendo così sia le perdite per trasporto di energia per effetto joule, sia l'impatto delle vie cavi sul sito.

Inverter di campo e cabine di trasformazione prefabbricate

Gli inverter assolvono la funzione di trasformare la corrente prodotta dai moduli fotovoltaici da continua in alternata, la scelta progettuale prevede come detto l'installazione di un numero congruo di inverter di stringa tipo SUN2000-185KTL-H1 della Huawei, il vantaggio di tali inverter è duplice, modularità e tensione di lavoro,



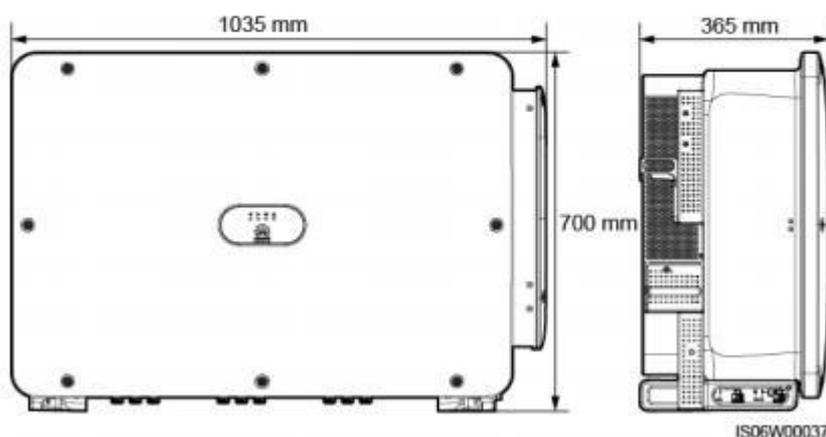
SUN2000-185KTL-H1
Smart String Inverter



La modularità consente una distribuzione baricentrica in campo degli inverter, che fungono anche da quadro di campo per il parallelo delle stringhe, ottimizzando la distribuzione ed il cablaggio della sezione DC, inoltre le elevate tensioni operative (massima tensione e massima tensione operative pari a 1500 V, consentono la connessione di un maggior numero di stringhe in serie, ottimizzando ancora una volta la distribuzione ed il cablaggio in DC, inoltre l'elevata tensione di uscita dell'inverter pari a 800V in AC consente ancora una volta l'ottimizzazione del cablaggio di ciascun sottocampo, riducendo le sezioni dei cavi e quindi l'impatto delle vie cavi sulla costruzione del sito.



SUN2000-185KTL-H1 Smart String Inverter



Dimensions

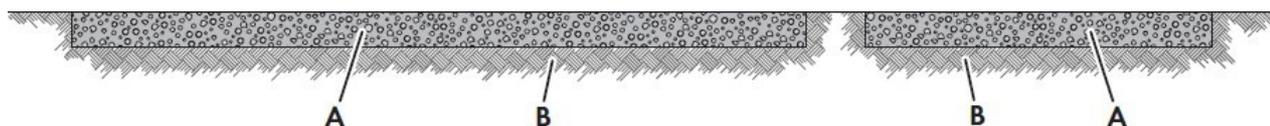
Le cabine prefabbricate inoltre conterranno i quadri di parallelo degli inverte di ciascun sottocampo, i trasformatori e gli interruttori di media tensione.

Le dimensioni delle cabine saranno di 7500x2500x2850 mm (LHPXH).

Il trasporto di tali cabine può avvenire su gomma inoltre le cabine possono essere allestite e precablate e collaudate in officina per essere poi connesse in campo in modalità plug and play.

Per il suo alloggio come detto è sufficiente un sottofondo, avente le seguenti caratteristiche:

- Il fondo deve essere un terreno stabile, ad es. in ghiaia.
- In aree con forti precipitazioni o livelli delle acque sotterranee elevati è necessario prevedere un drenaggio.
- Non installare le cabine in avvallamenti per evitare la penetrazione di acqua.
- La base deve essere pulita e resistente per evitare la circolazione di polvere.
- Non superare l'altezza massima del basamento per consentire l'accesso per gli interventi di manutenzione. L'altezza massima del basamento è: 500 mm.



Sottofondo di pietrisco

Posizione	Denominazione
A	Sottofondo di pietrisco
B	Terreno stabile, ad es. ghiaia

Il sottofondo deve soddisfare i seguenti requisiti minimi:

- Il basamento deve presentare un grado di compattamento del 98%.
- Il compattamento del terreno deve essere pari a 150 kN/m².
- Il dislivello deve essere inferiore all'1,5%.
- Vie di accesso e superfici devono essere adatte a veicoli di servizio (ad es. carrello elevatore a forche frontali) senza ostacoli.

Quadri MT

Tutti i quadri MT dovranno essere di tipo protetto con protezione da arco interno, isolati in aria, e nei quali vengono alloggiati organi di protezione, manovra e misura che possono essere isolati in aria, olio oppure esafluoruro di zolfo (SF₆). Il quadro ubicato all'interno della cabina di connessione locale Utente è costituito da:

- scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari, dotato di interruttore di manovra sezionatore, sezionatore di terra, fusibili di protezione;
- scomparto di arrivo linea, dotato di interruttore di manovra sezionatore, di sezionatore di terra, di trasformatore di corrente per misura fiscale, di trasformatore di tensione per misura fiscale (ai quali verrà collegato il misuratore fiscale installato in locale misure);
- scomparto di interfaccia con la rete, con interruttore di protezione completo di relè a microprocessore per le protezioni di massima corrente max. I (50-51-67N) e relè a microprocessore per le protezioni di minima e massima tensione (27-59) e minima e massima frequenza (81<-81>) e massima tensione omopolare (59 Vo) con le misure di A, V, W, VAR, cosfi, frequenza;
- sezionatore di terra a monte e a valle dell'interruttore; trasformatore di corrente e di tensione per la protezione;
- scomparto TV di sbarre, dotato di interruttore di manovra sezionatore, di sezionatore di terra, di

fusibili di protezione, TV di protezione;

- scomparto di arrivo linea, dotato di interruttore di manovra sezionatore, di sezionatore di terra, di trasformatore di corrente toroidale;
- Il quadro ubicato all'interno della cabina di connessione locale Enel è costituito da 2 scomparti linea e consegna MT dotati di interruttore di manovra sezionatore isolato SF6.

Servizi ausiliari

Per il corretto funzionamento dell'impianto, dovranno essere realizzati i servizi ausiliari che andranno ad alimentare i seguenti impianti:

- Attuatori dei tracker mono assiali
- Prese F.M. ed illuminazione interne alle cabine;
- Resistenze anticondensa quadri e cassette manovre di comando;
- Sistemi di monitoraggio e antintrusione.

E' prevista una rete di distribuzione per i servizi ausiliari in corrente alternata alla tensione 400/230 V.

Il sistema di distribuzione in corrente alternata, alloggiato nella cabina di consegna sarà costituito da:

- trasformatore di distribuzione, 25 kVA, 20/0,4 kV, in olio;
- quadro di distribuzione 400/230 V.

Tutti quadri di bassa tensione ausiliari saranno realizzati in cassetta a parete IP30, se posati internamente alle cabine prefabbricate e con grado di protezione IP 65 se posate all'esterno, e conterranno le apparecchiature di interruzione e manovra idonee per le tensioni di esercizio.

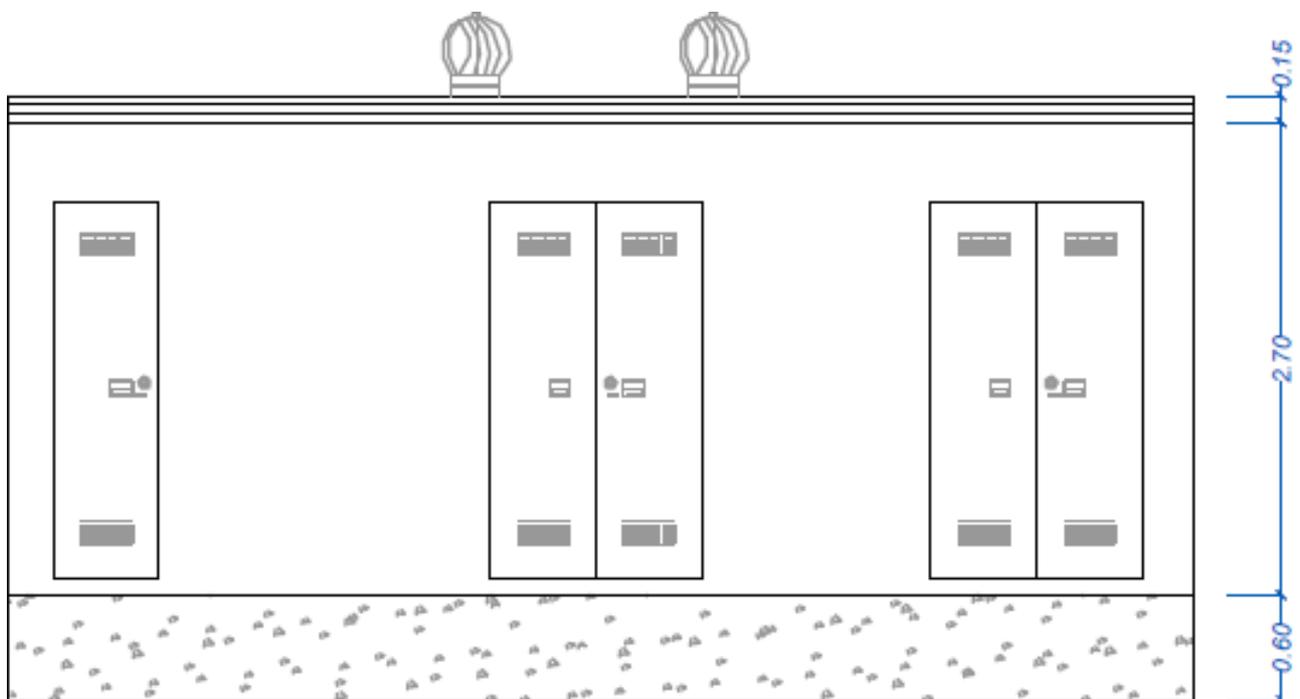
Cabina Di Consegna

Come detto è da prevedersi l'uso di cabina prefabbricate dove verrà effettuata la misura la consegna dell'energia prodotta con la rete di ENEL Distribuzione S.p.A.. Essa ha due locali denominati "Enel" e "Misure", ed ha le seguenti dimensioni: locale Enel 6,75 m x 2,50 m, locale misure 0,9 m x 2,50 m, per un'altezza complessiva di 2,85 m. La cabina sarà prefabbricata, realizzata mediante una struttura monolitica in calcestruzzo armato vibrato autoportante, completa di porte di accesso e griglie di aerazione.

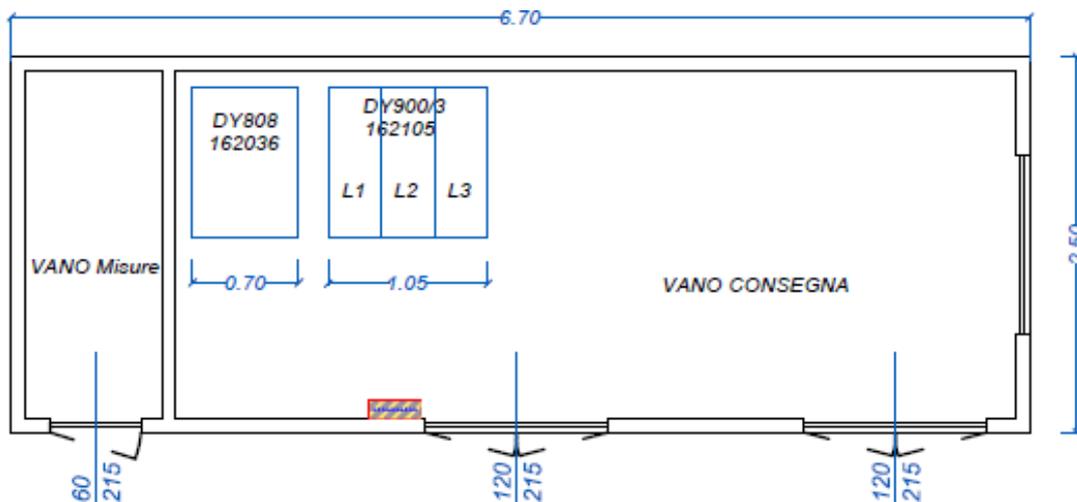
Le pareti sia interne che esterne, sono di spessore non inferiore a 7-8 cm. Il tetto di spessore non inferiore 6-7 cm, sarà a corpo unico con il resto della struttura, impermeabilizzato con guaina bituminosa elastomerica applicata a caldo per uno spessore non inferiore a 4 mm e successivamente protetta. Il pavimento sarà

dimensionato per sopportare un carico concentrato di 50 kN/mq ed un carico uniformemente distribuito non inferiore a 5 kN/mq. Sul pavimento saranno predisposte apposite finestrate per il passaggio dei cavi MT e BT, completo di botola di accesso al vano cavi. L'armatura interna del monoblocco elettricamente collegata all'impianto di terra, in maniera tale da formare una rete equipotenziale uniformemente distribuita su tutta la superficie.

I materiali da utilizzare per le porte e le griglie sono o vetroresina stampata, o lamiera zincata (norma CEI 11-1), ignifughe ed autoestinguenti. La base della cabina sarà sigillata alla platea, secondo lo standard consolidato con ENEL, mediante l'applicazione di un giunto elastico tipo: ECOACRIL 150; successivamente la sigillatura sarà rinforzata mediante cemento anti-ritiro. Anche la fondazione della cabina sarà prefabbricata e per l'alloggio dovrà essere realizzata un'apposita area con livellazione e costipamento del terreno e predisposizione di un letto di sabbia, previo uno scavo a sezione ampia per l'asportazione del terreno coltivo.



Vista frontale cabina Consegna



Pianta cabina Consegna

Cabine elettriche

La cabina sarà del tipo prefabbricato, e realizzata mediante una struttura monolitica in calcestruzzo armato vibrato autoportante, complete di porte di accesso e griglie di aerazione. Le dimensioni del vano consegna delle cabine di consegna seguiranno gli standard tecnici E-Distribuzione con caratteristiche desumibili dagli elaborati allegati, in ogni caso la lunghezza deve essere superiore e/o uguale a 6,70 ml, mentre la cabina di consegna utente e di trasformazione avranno una lunghezza pari a 7,50 ml. Tutte le cabine avranno le seguenti caratteristiche. Le pareti sia interne che esterne, saranno di spessore non inferiore a 7-8 cm. Il tetto di spessore non inferiore 6-7 cm, sarà a corpo unico con il resto della struttura, impermeabilizzato con guaina bituminosa elastomerica applicata a caldo per uno spessore non inferiore a 4 mm e successivamente protetta. Il pavimento sarà dimensionato per sopportare un carico concentrato di 50 kN/m² ed un carico uniformemente distribuito non inferiore a 5 kN/m².

Sul pavimento saranno predisposte apposite finestre per il passaggio dei cavi MT e BT, completo di botola di accesso al vano cavi. L'armatura interna del monoblocco sarà elettricamente collegata all'impianto di terra, in maniera tale da formare una rete equipotenziale uniformemente distribuita su tutta la superficie. I materiali da utilizzare per le porte e le griglie saranno in vetroresina stampata, o lamiera zincata (norma CEI 11-1 e DPR 547/55 art. 340), ignifughe ed autoestinguenti. La base della cabina sarà sigillata alla platea, secondo lo standard consolidato con E-Distribuzione, mediante l'applicazione di un giunto elastico tipo ECOACRIL 150, successivamente rinforzato mediante cemento anti-ritiro. Anche le fondazioni della cabina sono prefabbricate

e per l'alloggio dovrà essere realizzata un'apposita area con livellazione e costipamento del terreno e predisposizione di un letto di sabbia, previo uno scavo a sezione ampia per l'asportazione del terreno coltivo.

Dati di irraggiamento solare

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati “UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: “Craco-Pisticci” relativi a valori giornalieri medi mensili dell'irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di Craco (MT) avente Lat. 40.345139 – Long. 16.437091 e altitudine di 191 m.s.l.m., i valori giornalieri medi mensili dell'irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

	Irraggiamento orizzontale globale	Irraggiamento diffuso orizz.	Temperatura
	MJ/m ² /giorno	MJ/m ² /giorno	°C
Gennaio	6.31	3.75	8.4
Febbraio	9.15	5.04	9.1
Marzo	14.14	6.32	11.7
Aprile	17.62	9.05	14.5
Maggio	21.73	9.05	19.2
Giugno	23.32	10.98	24.1
Luglio	23.69	9.00	27.7
Agosto	21.45	8.23	27.5
Settembre	16.15	6.89	22.0
Ottobre	11.47	5.49	18.2
Novembre	7.16	3.70	13.7
Dicembre	5.52	2.97	9.9
Anno	14.84	6.71	17.2

Previsione di produzione energetica

Energia mensile da sistema FV ad inseguimento:



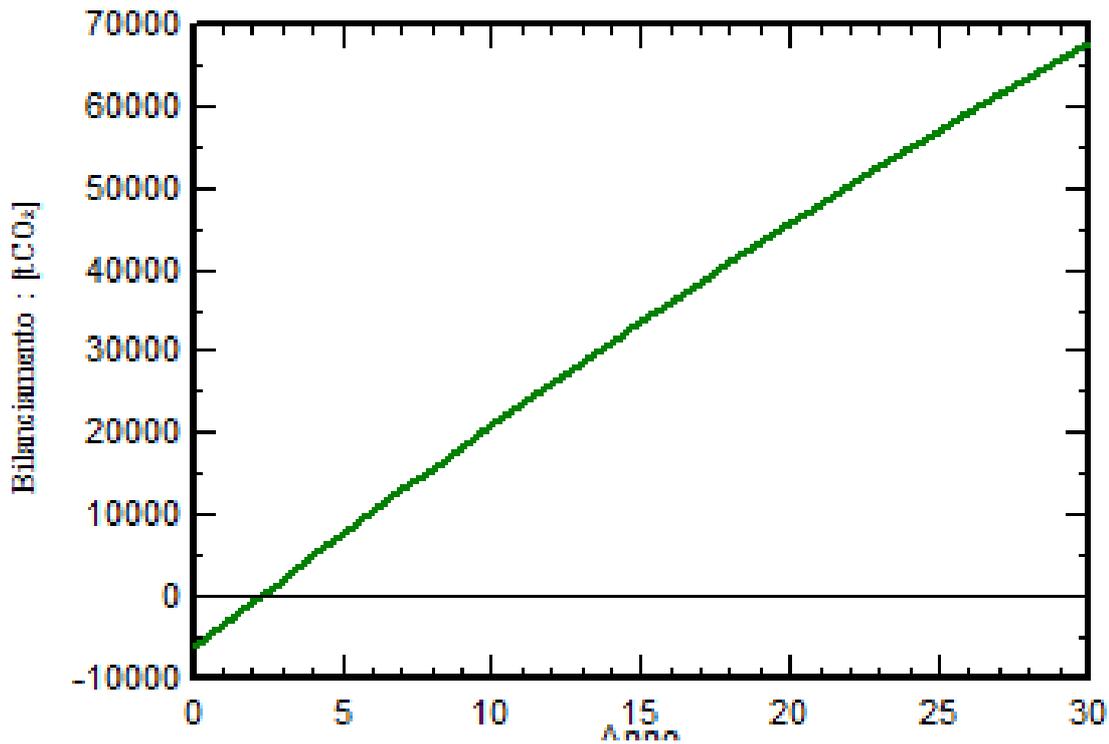
Irraggiamento mensile nel piano di inseguimento:



Si stima sulla base dell'irraggiamento solare medio annuo che, un impianto fotovoltaico da 19.920 kWp su tracker mono assiale posti a distanza di 5 metri l'uno dall'altro, permettendo una producibilità specifica di 2108 kWh/kWp/anno, produrrà **7.588.800 kWh** annui.

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.



Emissioni evitate in atmosfera confermate.

Si stima, con ragionevole approssimazione, che la maggior parte dell'impatto ambientale generato dal settore elettrico è dovuto ad un inquinamento di tipo atmosferico. I principali inquinanti in questo senso sono NO_x, SO_x, particolati e gas ad effetto serra che sono oggetto, anche recentemente, di studi di carattere epidemiologico, agronomico, chimico. A tutt'oggi risulta ancora difficile determinare con precisione il grado di pericolosità dei diversi inquinanti nonostante i progressi compiuti negli studi epidemiologici sopra accennati. D'altro canto è noto che i gas che tramite l'effetto serra provocano l'aumento della temperatura terrestre sono numerosi; nel settore elettrico il gas più determinante è l'anidride carbonica tanto che anche le altre emissioni vengono trasformate in "equivalente di CO₂". Nella valutazione degli effetti di carattere globale sarebbe necessario tenere conto delle emissioni di tutti i "gas serra", ma a causa della mancanza di dati per gli altri gas, ci si limita, a livello mondiale, all'esame delle emissioni di CO₂.

CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI, CON L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DEL VOLUME DA PROTEGGERE

C'è un collegamento tra la radiazione solare, l'umidità dell'aria e la frequenza delle scariche elettriche atmosferiche. Le regioni soggette a un elevato irraggiamento solare insieme a un'umidità dell'aria elevata sono più soggette ai fulmini. La frequenza dei fulmini nelle diverse regioni (fulmini per chilometro quadrato all'anno), nonché la posizione e le dimensioni dell'impianto fotovoltaico, costituiscono la base per il calcolo delle probabilità che l'impianto sia colpito da fulmini. I sistemi fotovoltaici sono esposti a condizioni meteorologiche locali, come i temporali, per decenni.

I danni ai sistemi fotovoltaici sono causati dagli effetti distruttivi dei fulmini e dalle tensioni provocate dall'accoppiamento induttivo o capacitivo causato dal campo elettromagnetico dei fulmini stessi. Inoltre, i picchi di tensione derivanti dalle operazioni di commutazione del circuito in c.a. a monte può causare danni ai moduli fotovoltaici, agli inverter, alle centraline di carica, al loro impianto di monitoraggio e ai sistemi di comunicazione.

I danni economici provocano spese di riparazione e sostituzione, perdite di resa e costi per l'utilizzo della riserva di energia della centrale. Gli impulsi della corrente di fulmine possono anche provocare un invecchiamento prematuro dei diodi di bypass, dei semiconduttori di potenza e dei circuiti di ingresso e di uscita dei sistemi informatici, che porta ad un aumento dei costi di riparazione. Inoltre, i gestori delle reti impongono dei requisiti sulla disponibilità dell'energia prodotta.

Il rischio derivante da un fulmine va valutato secondo la norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) e i risultati di questa analisi dei rischi vanno tenuti in considerazione in fase di progettazione.

Per garantire una protezione efficace occorre un sistema di protezione antifulmine con elementi perfettamente coordinati (impianti di captazione, impianto di terra, equi potenzialità antifulmine, dispositivi di protezione contro le sovratensioni per impianti di alimentazione e sistemi dati).

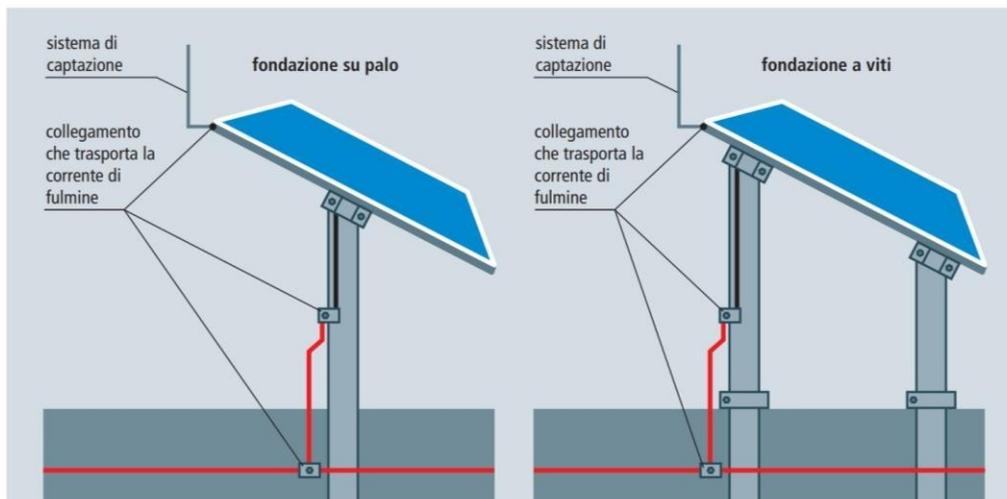
Va quindi valutata per ciascun impianto la probabilità di fulminazione e nel caso il rischio per evitare fulmini diretti agli impianti elettrici di un generatore fotovoltaico, tali impianti vanno installati nel volume protetto dei sistemi di captazione. La progettazione secondo le linee guida tedesche VdS 2010 è basata sulla classe di protezione LPS III. Secondo questa classe di protezione LPS, per determinare il numero delle aste di captazione è possibile utilizzare il metodo della sfera rotolante secondo la norma CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3).



Metodo della sfera rotolante

Queste aste di captazione formano un volume protetto che copre edifici operativi, contenitori modulari e cavi. A causa dell'accoppiamento induttivo delle interferenze, si consiglia di installare le scatole di derivazione del generatore montate su contenitori modulari e gli inverter nel modo più decentrato possibile rispetto al sistema di captazione.

Un impianto di terra costituisce la base per la realizzazione di un'efficace protezione contro sovratensioni e fulmini negli impianti fotovoltaici. Grazie all'interconnessione degli impianti di terra si realizza una superficie equipotenziale che riduce notevolmente la tensione sulle linee di collegamento elettrico in caso di interferenza da fulmine tra i gruppi FV e gli edifici operativi. Per mantenere stabile la resistenza di terra per molti anni di funzionamento di un impianto FV, vanno presi in considerazione gli effetti della corrosione, dell'umidità del suolo e del gelo. La lunghezza effettiva del dispersore è data solo dalla parte che si trova al di sotto della linea di congelamento. Le maglie devono essere collegate tra loro tramite componenti collaudati per una corrente di fulmine adeguata. I supporti metallici dei moduli fotovoltaici devono essere collegati tra loro e con l'impianto di messa a terra. Le fondazioni a pali o a viti possono essere utilizzate come dispersori.



Realizzare un collegamento equipotenziale antifulmine significa collegare direttamente tutti i sistemi metallici in modo che possano trasportare la corrente di fulmine.

Nel caso in cui i moduli, i cavi e l'edificio operativo con la stazione meteo si trovino nel volume protetto della protezione contro i fulmini esterna, la corrente di fulmine non dovrebbe essere iniettata nella linea. Se il collegamento alla rete di distribuzione (DNO) avviene a bassa tensione, il punto di collegamento viene a sua volta collegato alla barra di messa a terra principale (MEB) attraverso degli scaricatori Tipo 1 in quanto sono presenti delle correnti parziali di fulmine.

L'impianto di captazione della protezione contro i fulmini esterna è di vitale importanza. In caso di fulminazione incontrollata dell'impianto fotovoltaico, il flusso della corrente di fulmine nell'impianto può provocare gravi danni.

Quando si installa la protezione contro i fulmini esterna, si deve evitare che le celle solari risultino ombreggiate, ad esempio, dalle aste di captazione. Le ombre diffuse, invece, proiettate da aste o conduttori lontani, non influenzano negativamente il sistema FV e la sua resa.

I cavi devono essere tutti disposti in modo tale da evitare la formazione di spire conduttrici di grandi dimensioni. Questo criterio va rispettato per il collegamento monopolare in serie dei circuiti a corrente continua (stringhe) e per l'interconnessione di più stringhe.

Inoltre, le linee dati o dei sensori non vanno instradate su più stringhe che formano ampie spire conduttrici. Per questo motivo, i conduttori equipotenziali, le linee dati e le linee di alimentazione (in corrente continua e alternata) vanno fatti passare per quanto possibile vicini tra loro.

Per proteggere gli impianti elettrici dei generatori fotovoltaici vanno installati dei dispositivi di protezione contro le sovratensioni, o SPD. Se un fulmine colpisce la protezione contro i fulmini esterna di un impianto FV al suolo, vengono indotti degli impulsi ad alta tensione in tutti i conduttori elettrici; inoltre in tutti i tipi di cavi elettrici della centrale passano delle correnti parziali di fulmine (linee in corrente continua, alternata e linee dati).

L'intensità delle correnti parziali di fulmine dipende, ad esempio, dal tipo di impianto di captazione, dalla resistività del suolo in loco e dal tipo di cavi. Nel caso di impianti con inverter centrali vi saranno delle linee in corrente continua che passano sul terreno. L'Allegato D dell'Integrazione 5 della norma tedesca DIN EN 62305-3 richiede una minima capacità di scarica totale di 10 kA (10/350 μ s) per SPD a limitazione di tensione Tipo 1 in corrente continua.

Bisogna utilizzare SPD con una corrente di corto circuito nominale ISCPV sufficientemente elevata; essa va determinata secondo la norma EN 50539-11 e deve essere specificata dal costruttore. Questo vale anche per quanto riguarda le eventuali correnti inverse. Nei sistemi fotovoltaici con inverter, la protezione dalle correnti inverse è demandata ai fusibili.

La massima corrente disponibile effettiva dipende dalla radiazione solare. In alcuni stati di funzionamento, i fusibili intervengono solo dopo alcuni minuti.

Pertanto, i dispositivi di protezione installati nelle scatole di giunzione del generatore vanno progettati per l'eventuale corrente totale, che comprende la corrente di esercizio e la corrente inversa, e devono garantire lo scollegamento automatico senza arco in caso di sovraccarico (ISCPV

> I max del sistema fotovoltaico). Le curve caratteristiche U/I tipiche dei generatori di corrente fotovoltaici sono molto diverse da quelle dei generatori convenzionali di corrente continua, in quanto presentano un andamento

non lineare; inoltre il comportamento degli archi in corrente continua è differente.

Questa particolarità delle sorgenti di corrente fotovoltaiche non solo influenza la progettazione e richiede interruttori e fusibili di maggiori dimensioni, ma richiede anche degli specifici dispositivi di protezione contro le sovratensioni, in grado di far fronte alle correnti continue fotovoltaiche susseguenti.

L'Integrazione 5 della norma tedesca DIN EN 62305-3 e la norma CEI CLC/ TS 50539-12 CEI 37-12) richiedono funzionamento sicuro dei dispositivi di protezione sul lato corrente continua anche in caso di sovraccarico.

L'Integrazione 5 della norma tedesca DIN EN 62305-3 comprende una valutazione più approfondita della distribuzione della corrente di fulmine (simulazioni al computer) rispetto all'Integrazione 1 della norma tedesca DIN EN 62305-4. Per calcolare la distribuzione della corrente di fulmine, vanno considerate le calate del sistema di protezione contro i fulmini, gli eventuali collegamenti di messa a terra del gruppo FV e le linee in corrente continua.

Si dimostra che l'intensità delle correnti parziali di fulmine che passano attraverso i dispositivi SPD nelle linee in corrente continua non dipende solo dal numero di calate, ma anche dall'impedenza dei dispositivi SPD. L'impedenza dei dispositivi SPD dipende dalla loro tensione nominale, topologia e tipo (a commutazione o a limitazione di tensione).

La riduzione della forma degli impulsi è una caratteristica delle correnti parziali di fulmine passanti attraverso i dispositivi SPD sul lato a corrente continua dell'impianto fotovoltaico. Per selezionare degli adeguati dispositivi di protezione contro le sovratensioni bisogna considerare la massima corrente impulsiva e il carico impulsivo. Queste correlazioni sono descritte nell'integrazione 1 della norma tedesca DIN EN 62305-4

Il tecnico

Dott. Ing. Gaetano Mastrandrea

