

# REGIONE BASILICATA

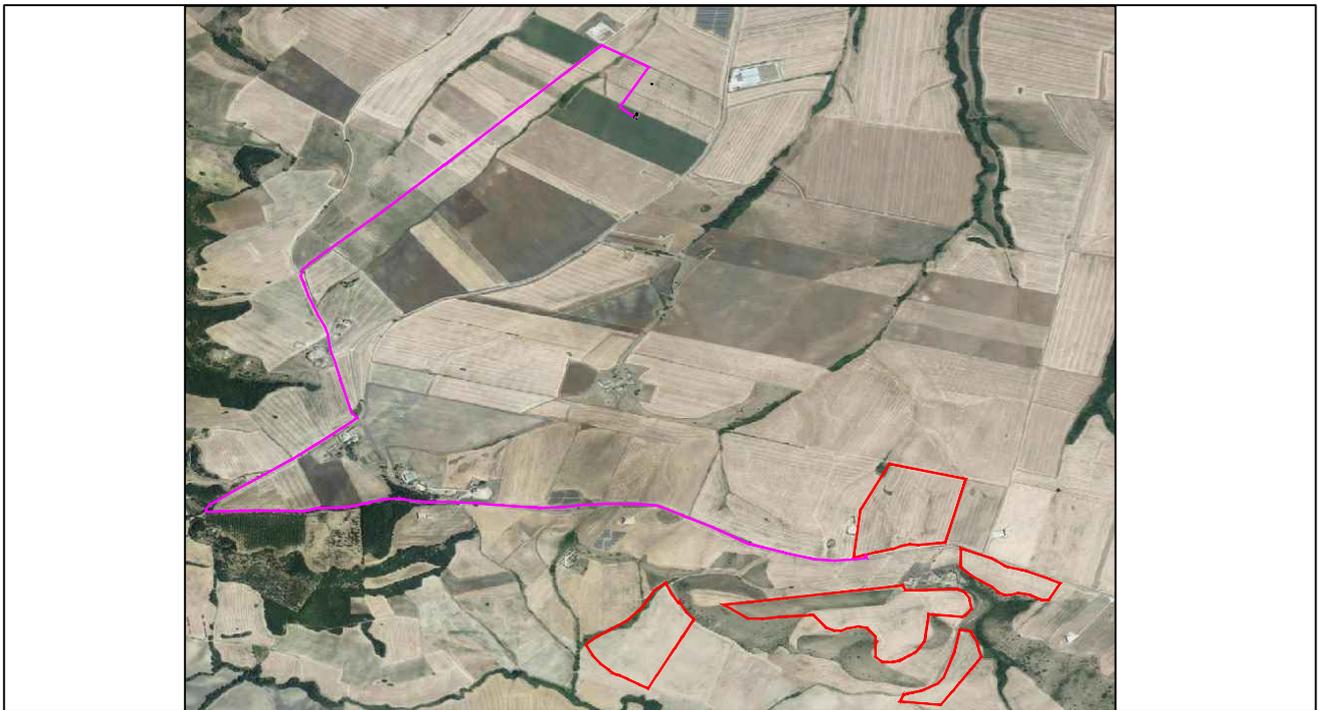


COMUNE DI PALAZZO SAN GERVASIO

PROVINCIA DI POTENZA

## PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO AD INSEGUIMENTO SOLARE DA REALIZZARSI  
IN C.da "SAN PROCOPIO" DEL COMUNE DI PALAZZO SAN GERVASIO



ELABORATO:	<b>A.5</b>
SCALA:	
DATA:	novembre 2021

**RELAZIONE TECNICA**  
**IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

COMMITTENTE:  
**Soc. GRETIFV2 s.r.l.**

PROGETTISTI:  
ING. SAVINO VERTULLI



COLLABORATORI:  
MARIAFRANCESCA VERTULLI

## INDICE DEGLI ARGOMENTI

RELAZIONE TECNICA.....	2
1. Premessa .....	2
2. Descrizione elementi progettuali .....	2
Moduli generatori fotovoltaici .....	8
Convertitori statici - inverter.....	10
Caratteristiche Tecniche dell’Inverter.....	11
Principio di funzionamento degli inverter. Caratteristiche generali.....	17
Sistema di Condizionamento della potenza .....	18
Strutture di sostegno delle vele .....	20
Gestione dei tracker e movimentazione .....	22
Caratteristiche dei sistemi SCADA.....	26
16. Cabine di campo .....	27
Trasformatore BT/MT .....	32
17. Impianto di illuminazione.....	33
18. Impianto di video sorveglianza.....	34
19. Impianto di monitoraggio. Anemometro .....	36
20. Impianto Fotovoltaico.....	37
Descrizione del Sistema.....	39
Stima dell’energia annua prodotta .....	39
Quadri di parallelo delle stringhe dei sottocampi .....	44
Quadro di bassa tensione in corrente alternata.....	45
Impianto di terra .....	46
Elettrodotta in cavo interrato 30 kV .....	47
Norme CEI .....	52
Norme cavi elettrici .....	52
Leggi e Norme sulla sicurezza degli impianti.....	54

## 1. Premessa

Il terreno su cui sarà realizzata l'opera è sita in agro di Palazzo San Gervasio (PZ) alla C.da "San Procopio", composto da aree distinte, la cui estensione complessiva è pari a **47.37.96 ha**, parte dei quali sarà utilizzata per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico, e parte per servizi e viabilità, come riportato negli elaborati grafici.

La disponibilità del terreno è in capo alla società **GRETI FV2 S.r.l.** con sede legale in LAIVES (BZ) ZONA PRODUTTIVA VURZA 22, codice fiscale e numero di iscrizione presso il Registro delle Imprese di Bolzano n. 03116920210, detentrici di un contratto di diritto di superficie, stipulato con i vari proprietari interessati dall'impianto fotovoltaico.

## 2. Descrizione elementi progettuali

### Caratteristiche Urbanistiche e destinazione del sito

L'impianto fotovoltaico di progetto sorgerà in località contrada "San Procopio" del comune di Palazzo San Gervasio (PZ), in planimetria l'impianto insiste su cinque aree distinte individuate in planimetria come Campo 1, Campo 2, Campo 3, Campo 4 e Campo 5, avente una estensione complessiva di circa 47.37.96 ettari, con potenza complessiva dell'impianto pari a 19,968MWp, ottenuta mediante la installazione di pannelli fotovoltaici della potenza unitaria di 400Wp (per un totale di 49.920 pannelli), suddivisa in 9 sezioni costituita da sottocampi con Potenza variabile. Si è valutato di suddividere l'impianto di generazione in n.9 sottocampi per migliorare le prestazioni, ridurre le distanze di collegamento delle stringhe, per semplificare le operazioni di manutenzione e la ricerca di anomalie. La connessione di ciascuna cabina in cui sarà suddiviso l'impianto, verrà realizzata mediante collegamento in cavo interrato. L'impianto sarà suddiviso in più cabine di raccolta essendo l'impianto suddiviso su cinque aree distinte. Nelle varie cabine di campo confluiranno sia le linee dei campi fotovoltaici che i collegamenti derivati dagli altri campi, tutte le cabine confluiranno nella cabina di consegna ubicata in prossimità della Strada Comunale di San Procopio che a sua volta sarà collegata alla Cabina Utente ubicata in prossimità della Stazione Elettrica (SE) di smistamento da realizzare.

Da ciascuna cabina è stata derivata la linea in MT a 30 kV che sottende a ciascuno dei tratti in cui sono stati individuate i vari rami di collegamento.

Nella cabina indicata in pianta come Cabina di Consegna confluiscono i cavi di collegamento di tutti e cinque i Campi, e da questa è derivata la linea unica in MT per il collegamento del

parco fotovoltaico alla cabina Utente del Produttore, da cui sarà derivata la linea di consegna alla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamensto a 150 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea 150 kV “Genzano – Palazzo San Gervasio - Forenza Maschito”.

Tutte le varie linee di collegamento realizzate a 30 kV verranno realizzate in cavidotto interrato, per ridurre l’impatto visivo.

L’impianto fotovoltaico di progetto insiste su cinque aree ben distinte indicate in progetto come Campo 1, Campo 2, Campo 3, Campo 4 e Campo 5, tutte ricadenti in zona agricola del comune di Palazzo San Gervasio.

Ciascun Campo fotovoltaico sarà dotato di cabine di raccolta dell’energia prodotta dal campo fotovoltaico e di una cabina di parallelo per la consegna dell’energia prodotta.

Dalla cabina utente del Produttore, posizionata in prossimità della futura stazione Terna, per la trasformazione MT/AAT della tensione da 30 a 150 kV mediante trasformatore elevatore, sarà derivata la linea di collegamento in antenna a 150 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamensto a 150 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea 150 kV “Genzano – Palazzo San Gervasio - Forenza Maschito”, previa realizzazione di:

- una nuova SE di trasformazione RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV “Genzano 380 – Melfi 380”;
- un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra le future SE suddette.

Di seguito si riporta i dati di riferimento del parco fotovoltaico.

Il **Parco Fotovoltaico** è ubicato in contrada “San Procopio” del comune di Palazzo San Gervasio (PZ) su cinque aree limitrofe che presentano una pendenza media del 0.5-5.0 % sul versante Sud.

In particolare si ha:

- 1) Per il **Campo 1**, l’area interessata, presenta le seguenti coordinate geografiche: Lat: 40°52’16,54” N, Long: 15°56’4,66” E, l’area dista dal centro abitato del comune di Palazzo San Gervasio di circa 7.400 metri, in direzione Nord-Est, dal comune di Banzi di circa 6.500 metri in direzione Sud-Est, dal comune di Forenza di circa 6.400 metri in direzione Sud-Ovest. L’altezza sul livello del mare è tra 550 ai 575 metri.

- 2) Per il **Campo 2**, l'area interessata, presenta le seguenti coordinate geografiche: Lat: 40°52'6,44" N, Long: 15°56'20,35" E, l'area dista dal centro abitato del comune di Palazzo San Gervasio di circa 7.750 metri, in direzione Nord-Est, dal comune di Banzi di circa 6.150 metri in direzione Sud-Est, dal comune di Forenza di circa 6.700 metri in direzione Sud-Ovest. L'altezza sul livello del mare è tra 555 ai 572 metri.
- 3) Per il **Campo 3**, l'area interessata, presenta le seguenti coordinate geografiche: Lat: 40°52'1,29" N, Long: 15°55'59,76" E, l'area dista dal centro abitato del comune di Palazzo San Gervasio di circa 8.000 metri, in direzione Nord-Est, dal comune di Banzi di circa 6.650 metri in direzione Sud-Est, dal comune di Forenza di circa 6.300 metri in direzione Sud-Ovest. L'altezza sul livello del mare è tra 575 ai 585 metri.
- 4) Per il **Campo 4**, l'area interessata, presenta le seguenti coordinate geografiche: Lat: 40°51'50,98" N, Long: 15°56'11,38" E, l'area dista dal centro abitato del comune di Palazzo San Gervasio di circa 8.200 metri, in direzione Nord-Est, dal comune di Banzi di circa 6.300 metri in direzione Sud-Est, dal comune di Forenza di circa 6.450 metri in direzione Sud-Ovest. L'altezza sul livello del mare è tra 520 ai 530 metri.
- 5) Per il **Campo 5**, l'area interessata, presenta le seguenti coordinate geografiche: Lat: 40°51'56,70" N, Long: 15°55'24,05" E, l'area dista dal centro abitato del comune di Palazzo San Gervasio di circa 8.600 metri, in direzione Nord-Est, dal comune di Banzi di circa 7.400 metri in direzione Sud-Est, dal comune di Forenza di circa 5.400 metri in direzione Sud-Ovest. L'altezza sul livello del mare è tra 470 ai 525 metri.

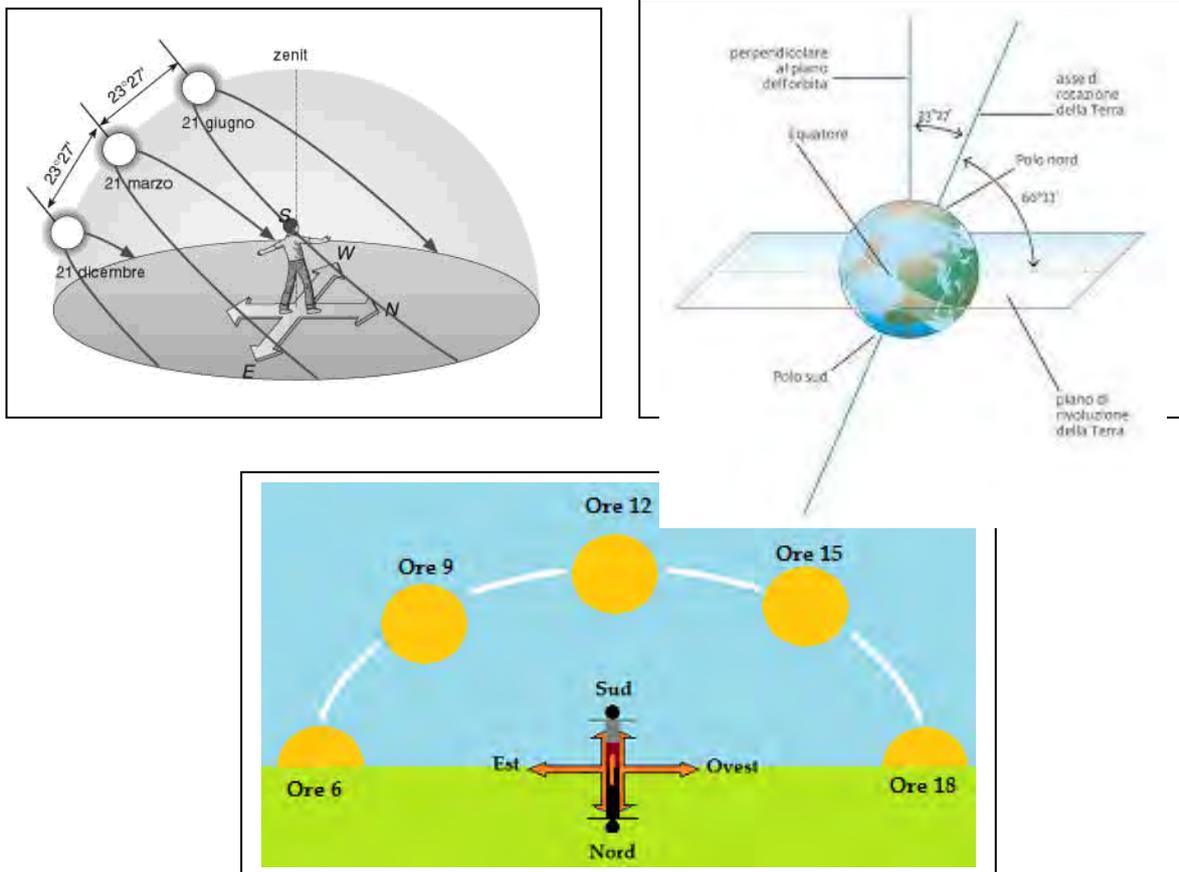
Nel presente documento sono indicate le caratteristiche prestazionali dell'impianto, i componenti di cui sarà costituito l'impianto, le modalità impiantistiche e la producibilità annua attesa, le attività ed i processi posti in campo per eseguire il collegamento alla rete RTN, le specifiche tecniche dei componenti principali utilizzati per la protezione, la misura e la trasmissione dell'energia elettrica prodotta dal parco fotovoltaico.

### **Caratteristiche principali del progetto e componenti**

L'impianto fotovoltaico avrà una potenza complessiva di 19,968 kWp e sarà suddiviso in n.9 sezioni, cui faranno capo numero 9 cabine, ciascuna della potenza variabile da un minimo di 1.300 kVA ad un massimo di circa 2.500 kVA. (TAV. A.12.b.6). La soluzione adottata è stata ricavata in funzione della estensione delle aree dei vari campi costituenti l'impianto e della potenza complessiva dei pannelli fotovoltaici installati. Tale scelta tiene conto della taglia

standard dei trasformatori e della necessità di massimizzare l'efficienza di trasformazione della potenza, prossima al 90% a regime.

1. L'impianto sarà realizzato su strutture portanti mobili, definiti tracker, che avranno un solo grado di libertà, ovvero di movimento di rotazione lungo l'asse nord-sud, realizzando un movimento basculante, con rotazione di circa  $150^\circ$ , in grado di seguire la posizione del sole lungo il percorso tracciato dall'eclittica, rispetto al piano di campagna



2. Ciascun tracker sarà costituito da n. 26 pannelli fotovoltaici, disposti su due file, 13 + 13, che ruoteranno lungo l'asse nord-sud, creando un movimento circolare da est a ovest, e poi ritornare in posizione di riposo a fine giornata. Il numero di tracker previsto è di 1922, in grado di portare 49.920 pannelli fotovoltaici della potenza di 400Wp, del tipo monocristallino.
3. Ciascun tracker, contenente n. 26 pannelli, avrà una potenza di picco di  $26 \times 400 = 10.400,00$  Wp. Per cui per ogni 10 tracker è stato predisposto un inverter della potenza di 104,0 kWp, del tipo Huawei, in grado di realizzare la conversione dell'energia da continua in alternata.
4. Gli inverter saranno posizionati lungo la viabilità interna del campo fotovoltaico, in coppia, al fine di ridurre il numero di linee in cavo in corrente alternata, ottimizzando i costi e il numero di cavidotti necessari per il passaggio dei cavi. A seguito della conversione dell'energia prodotta, si avrà una tensione in BT a 400V, che mediante cavidotto interrato, sarà consegnata nella vicina cabina di campo per l'opportuna elevazione fino a 30kV.

5. Per ciascuna coppia di inverter è stato previsto un dispositivo di sezionamento e protezione, AC Switch Box, con Rated Operating Voltage fino a 800V trifase e con Rated Output Current di 250 A, necessario a disconnettere gli inverter durante le fasi di controllo e manutenzione, oltre che in caso di avaria, ciascun inverter è dotato di sezionatore sottocarico a bordo macchina.
6. Ciascuna cabina di campo sarà costituita da n.1 trasformatore avente potenza apparente variabile da 1.400 kVA ai 2.500 kVA, nominali, a cui saranno collegati gli inverter. Per ciascun trasformatore saranno installate le protezioni sia sul lato BT a 400 V, che sull'uscita in MT a 30 kV. I trasformatori saranno alloggiati all'interno di box o cabine prefabbricate, posizionati su platee in cemento, cui confluiranno i vari cavidotti di ciascuna sezione dell'impianto.
7. Ciascuna delle cabine di campo, una volta elevata la tensione in MT, saranno collegate con la cabina di parallelo e consegna. Da tale cabina, posta in prossimità dell'accesso all'impianto, sarà realizzato il collegamento tra i vari campi e la partenza della linea per il collegamento del parco fotovoltaico alla cabina di consegna posta in prossimità della futura Stazione di Smistamento di TERNA SpA.
8. L'impianto è stato strutturato per avere una viabilità perimetrale, lungo la quale saranno predisposti gli impianti di illuminazione e videosorveglianza, per permettere il controllo; mentre lungo la viabilità interna di collegamento delle varie cabine di campo, saranno allocati i cavidotti interrati di collegamento delle varie sezioni di impianto.
9. La distribuzione e consegna dei vari collegamenti, di cui sarà composto l'impianto sarà realizzata sui bordi della viabilità interna, per rendere semplice l'ispezione da parte dei tecnici incaricati e per semplificare eventuali interventi di manutenzione, ove si ritenessero opportuni. Lungo la viabilità interna, oltre ai cavi di energia saranno predisposte le linee dei vari servizi, di cui sarà dotato il parco fotovoltaico. Tra questi vi saranno l'impianto di illuminazione, la rete di collegamento della videosorveglianza, la rete telematica dei segnali per il collegamento delle varie cabine di campo e dei vari inverter, necessarie al monitoraggio e controllo in rete da remoto.

10. Il pannello fotovoltaico, del tipo monocristallino, con potenza di picco di 400 Wp e +/- 5/0 di tolleranza solo positiva, avente dimensioni di 1979x1002x40 mm.

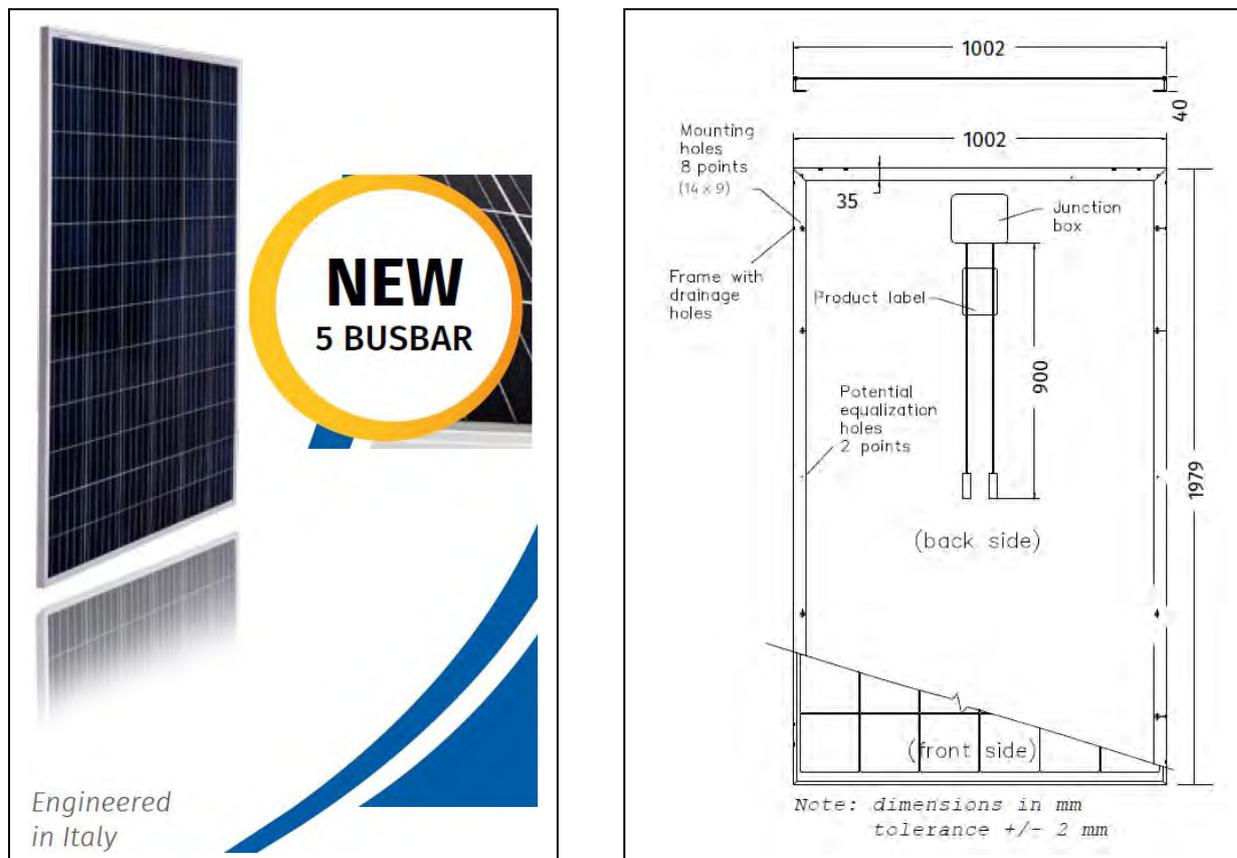


Figura 1 – Modulo fotovoltaico

11. L'impianto di illuminazione è previsto su tutto il perimetro dell'impianto e sarà realizzato con pali tra loro distanti circa 40 m e di altezza di 6/7 m, adatta ad illuminare il perimetro dell'area. Essi saranno dotati di lampade del tipo cut-off e di elevata efficienza (a led, della potenza massima di 100W).
12. L'impianto di videosorveglianza sarà realizzato utilizzando le strutture dell'impianto di illuminazione. Si avrà l'installazione di telecamere sui pali di illuminazione serviti da gruppi di continuità localizzati lungo tutto il perimetro. Le telecamere saranno posizionate ad una altezza minima di 5 m, lungo il perimetro dell'impianto, con sistema di controllo dell'impianto anche in remoto.
13. L'impianto anemometrico sarà realizzato mediante l'installazione di apparecchiature in grado di rilevare direzionalità e velocità del vento, necessari alla gestione automatica per la messa in sicurezza degli inseguitori, in caso di situazioni ambientali avverse.
14. Un sistema di allarme anti-intrusione, da posizionarsi lungo il perimetro dell'impianto, necessario a controllare movimenti anomali e scongiurare potenziali furti.
15. Occorrerà considerare anche la predisposizione di una linea di telecontrollo, per eseguire lo sgancio di parte dell'impianto in caso anomalie.

## Moduli generatori fotovoltaici

I moduli previsti per la realizzazione del generatore fotovoltaico sono da 400Wp della **FUTURASUN – FU 400 M – tipo Monocristallino con 72 celle**, con efficienza maggiore del 20,17% in riferimento alle misurazioni effettuati a condizioni standard 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, 25° C.

È prevista una garanzia di 25 anni sul prodotto, realizzato con celle ad alta efficienza in grado di ridurre la perdita di corrente ed aumentare la potenza di uscita, migliorando in tal modo l'efficienza dell'intero pannello.

Il pannello presenta una elevata resistenza alle alte temperature, verificata mediante test a 105 °C per 200 ore di funzionamento e dagli urti da grandine fino ad 83 km/h, grazie all'utilizzo di vetro temperato da 3,2 mm, in grado di garantire il migliore equilibrio tra resistenza meccanica e trasparenza.

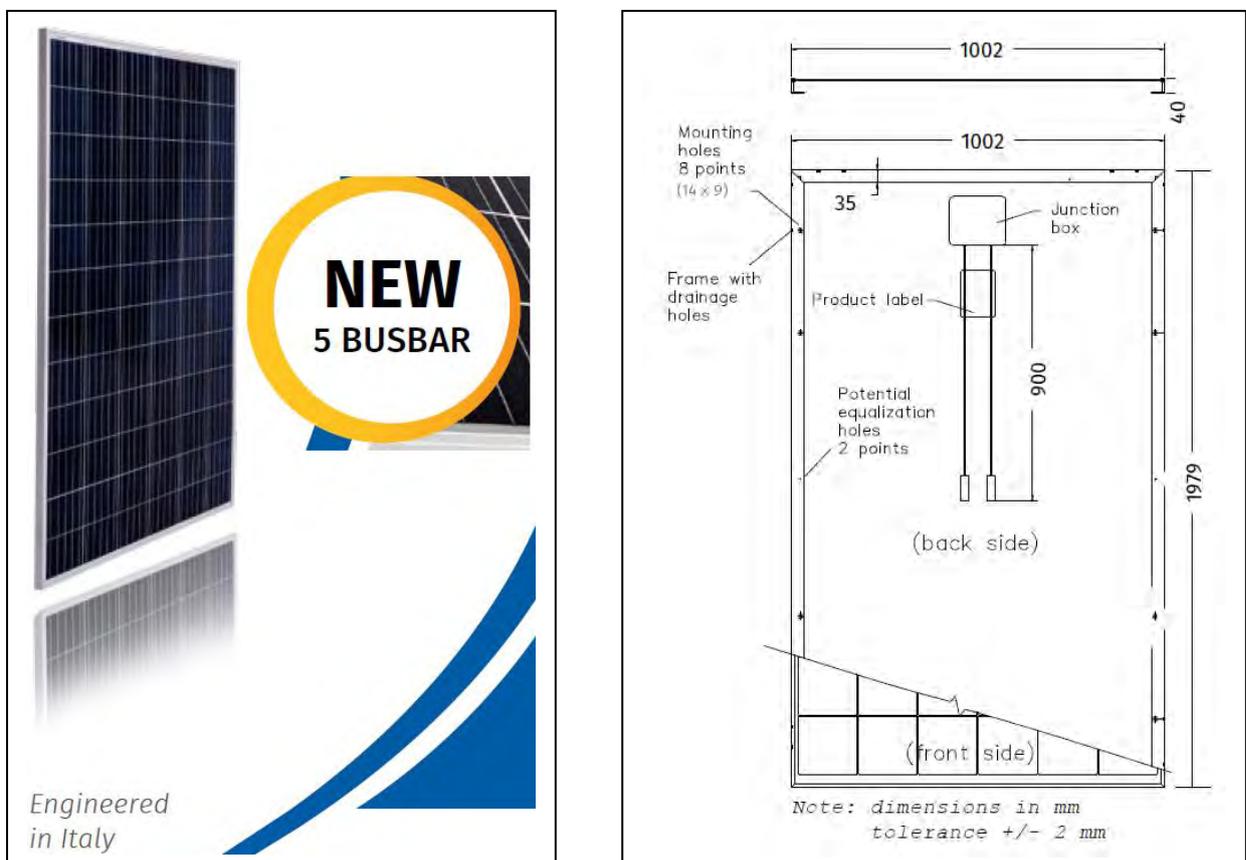
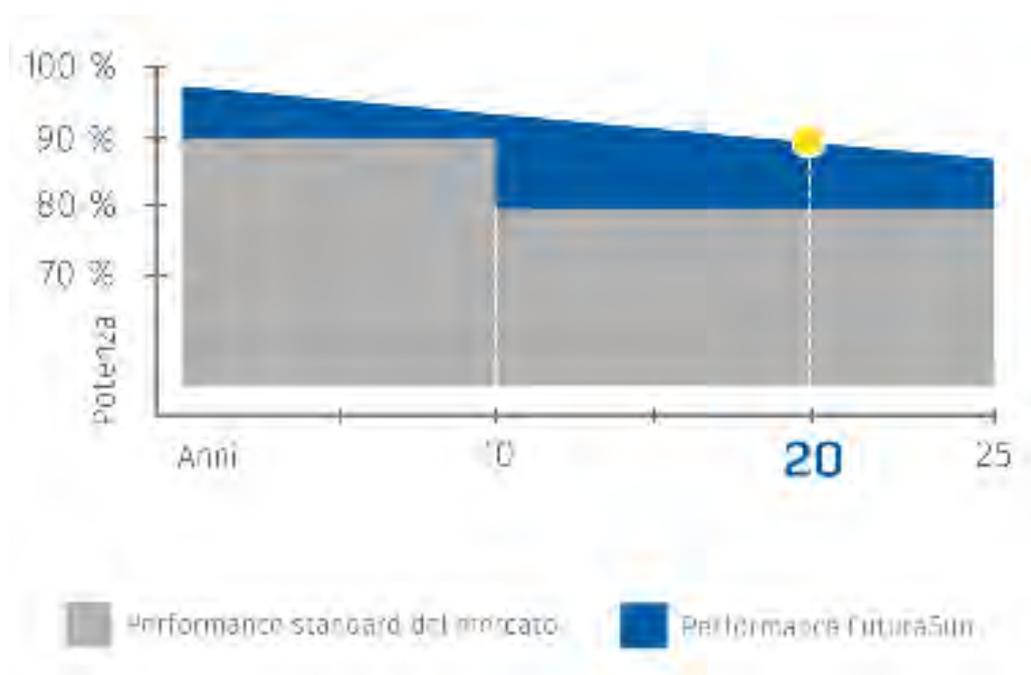


Figura 1 – Modulo fotovoltaico

I moduli **FUTURASUN FU-400-** combinano la migliore efficienza, durata e garanzia disponibili sul mercato. Infatti, tali pannelli presentano una maggiore potenza e minor spazio occupato, con il vantaggio di riduzione delle strutture e dei materiali utilizzati.

Tale caratteristica del modulo permette di produrre il 60% di energia in più a parità di spazio rispetto ad un modulo tradizionale, con durata di oltre 25 anni.



Il pannello è dotato di certificazioni che ne attestano le proprietà, la garanzia ed il rispetto delle norme tecniche.

Dati caratteristici del Pannello Mod. **FUTURASUN – FU 400 M – tipo Monocristallino con 72 celle**

Potenza nominale- Pmax	<b>400 W</b>
Efficienza	<b>20,17</b>
Decadimento	<b>0,2% annuo</b>
Garanzia sul prodotto	<b>25 anni.</b>
Struttura portante in alluminio	
Ricopertura con vetro temperato ad alta trasparenza ed in grado di resistere alla grandine (norma CEI/EN 61215)	
Terminali d'uscita cavi pre-cablati a connessione rapida	

**Caratteristiche elettriche**

Potenza elettrica nominale	400W
Tolleranza rispetto alla Pmax:	+5/-0
Tensione a circuito aperto Voc	50,63 V
Tensione alla max potenza Vmpp	41,81 V
Corrente di cortocircuito Isc	9,89 A
Corrente alla max potenza Impp	9,57 A
Dimensione esterne	1979x1002x40 mm
Peso	22,6 kg

Tensione massima di lavoro	1000 Vdc (1500 V request)
Massima corrente inversa Ir	20 A
Carico massimo – (vento/neve)	4000 Pa Vento, 408 kg/m <sup>2</sup>
Protection Class	CI II – conforme a IEC 61730
Scatola di giunzione	Certificato IEC 62790, IP 68
Vetro	Temprato trasparente da 3,2 mm
Incapsulante	EVA – etilvinilacetato
Cornice	Profilo in alluminio anodizzato
Cavi e connettori	Lunghezza 1200 mm, attacchi MC4.

Altre informazioni, dettagliate, su caratteristiche operative ed elettriche relative alla capacità di produzione in funzione dei valori fisici esterni, quali temperature, umidità, irraggiamento, sono riportate nella scheda tecnica del pannello fornita dal costruttore ed allegata al presente progetto.

L'utilizzo di più pannelli, fotovoltaici collegati in serie, vanno a costituire una stringa fotovoltaica, che sarà composta mediante il collegamento di numero 26 moduli fotovoltaici in serie.

Ogni tracker sarà realizzato per installare numero 2 file di pannelli sulla struttura portante, per numero 26 pannelli fotovoltaici, collegati in serie a costituire una stringa per una potenza nominale di 10.400,0 Wp.

Ciascun tracker avrà movimentazione indipendente, realizzata mediante un motore in DC a magneti permanenti, alimentato a 12 Vdc e 20 A max, con capacità di carico dinamico di 8000N, controllato mediante una scheda di controllo in funzione dei parametri ambientali quali velocità del vento, irraggiamento, posizione del sole, orario, etc, al fine di garantire il massimo irraggiamento dei pannelli solari ed ottenere la massima potenza prodotta.

### **Convertitori statici - inverter**

La conversione della corrente da continua in alternata sarà realizzata mediante dei gruppi statici trifase (inverter) della Huawei, della potenza di 105 kWp – modello **Smart String Inverter SUN2000 – 105KTL-H1**, costituito da 12 ingressi per stringhe e relativo monitoraggio. Presenta un'efficienza massima del 99,0%, pari al 98,8% di efficienza europea, con n. 6 MPPT indipendenti, in grado di ridurre le perdite per mismatching delle stringhe. Il grado di protezione IP 65 adatto per esterno e dotato di raffreddamento naturale. Ciascuna stringa, che costituisce il tracker, sarà collegata ad uno degli ingressi indipendenti dell'inverter, in modo da ottimizzare il rendimento di conversione in funzione dell'esposizione di ciascuna stringa e del loro orientamento. Inoltre, in caso di blocco o disallineamento di un

tracker, tale anomalia si ripercuote solo sul canale indipendente dell'inverter, senza pregiudicare la produzione degli altri tracker.

L'energia derivata dalla trasformazione dell'irraggiamento solare verrà trasformata da continua in alternata mediante l'impiego di macchine statiche, appunto l'inverter, necessarie a realizzare la trasformazione dell'energia prodotta da cc in ca ed eseguire, in automatico, il parallelo con la rete adeguando i propri parametri a quelli di rete, indipendentemente dalla quantità di energia prodotta e dalle condizioni meteo, per la successiva immissione nella rete elettrica.

L'energia prodotta da ciascun tracker sarà convogliata agli inverter di campo, per la trasformazione da continua in alternata, e, quindi, trasferita alla vicina cabina di campo per la trasformazione da BT in MT, tramite trasformatore, alla tensione di 30 kV per la successiva consegna nella sottostazione di Terna.

## **Caratteristiche Tecniche dell'Inverter**

La scelta dell'inverter per i sistemi fotovoltaici avviene in funzione del migliore compromesso raggiungibile nell'accoppiamento tra i pannelli fotovoltaici ed il dispositivo di conversione della potenza da c.c. in c.a. (l'inverter appunto). Tali componenti rappresentano infatti il cuore di un generatore fotovoltaico.

I gruppi di conversione scelti per tale impianto saranno della Huawei, i quali inverter sono dotati di un insieme di componenti, quali filtri, dispositivi di sezionamento, di protezione e di controllo, che li rendono idonei per la trasformazione della potenza prodotta dal generatore fotovoltaico e successiva immissione in rete, in quanto rispondenti ai requisiti normativi in vigore, tecnici poiché permetteranno di ridurre i costi di installazione, i materiali accessori e garantiranno maggiore sicurezza grazie al monitoraggio continuo, di cui sono dotati, secondo le norme CEI di riferimento applicabili.

Le esigenze da soddisfare al fine di realizzare un impianto a regola d'arte sono:

- adeguata suddivisione dei pannelli FV in stringhe ed in sotto-campi fotovoltaici, in funzione della potenza dell'inverter e dei trasformatori previsti, in modo da garantire una equilibrata ripartizione dei pannelli su più inverter e, di conseguenza, su ciascuna cabina di trasformazione.
- dimensionamento delle singole stringhe fotovoltaiche in modo da garantire il funzionamento sempre all'interno del range di MPPT dell'inverter, sia nel periodo invernale che estivo.

- ottenere un sufficiente equilibrio tra le varie cabine di trasformazione in cui sarà suddiviso l'impianto fotovoltaico.
- raggiungere il maggior grado di efficienza dell'inverter, in funzione dell'irraggiamento ricevuto, delle temperature di esercizio e della stagione.

Di seguito sono indicate le caratteristiche tecniche dei componenti da utilizzare nella realizzazione dell'impianto fotovoltaico.

Nell'impianto saranno presenti diversi tipi di tensione, in particolare sarà in c.c. all'uscita delle varie stringhe con un valore prossimo a 1400 Vcc, quindi operante in bassa tensione (essendo 1500 Vcc il limite normativo), quindi a seguito della conversione eseguita dagli inverter di stringa, la tensione sarà pari a 400 Vca, in corrente alternata. Mentre in ciascuna cabina di campo, sarà eseguita l'elevazione della tensione da 400 V a 30,0 kV, adatta per il trasporto su grandi distanze della potenza.

Agli inverter faranno capo n.10 tracker, costituite da 26 pannelli fotovoltaici della potenza di picco di 400Wp, disposti su due file. A ciascun inverter saranno, dunque, collegati n. 10 tracker per una potenza complessiva nominale di 104,0 kWp, valore raggiungibile solo in casi particolari. L'inverter Huawei ha una potenza di conversione di 105,0 kWp e presenta n.12 ingressi (+ e -) con n.6 inseguitori indipendenti, aventi la funzione di ottimizzare, mediante un algoritmo interno, la produzione di energia da ciascun ingresso.

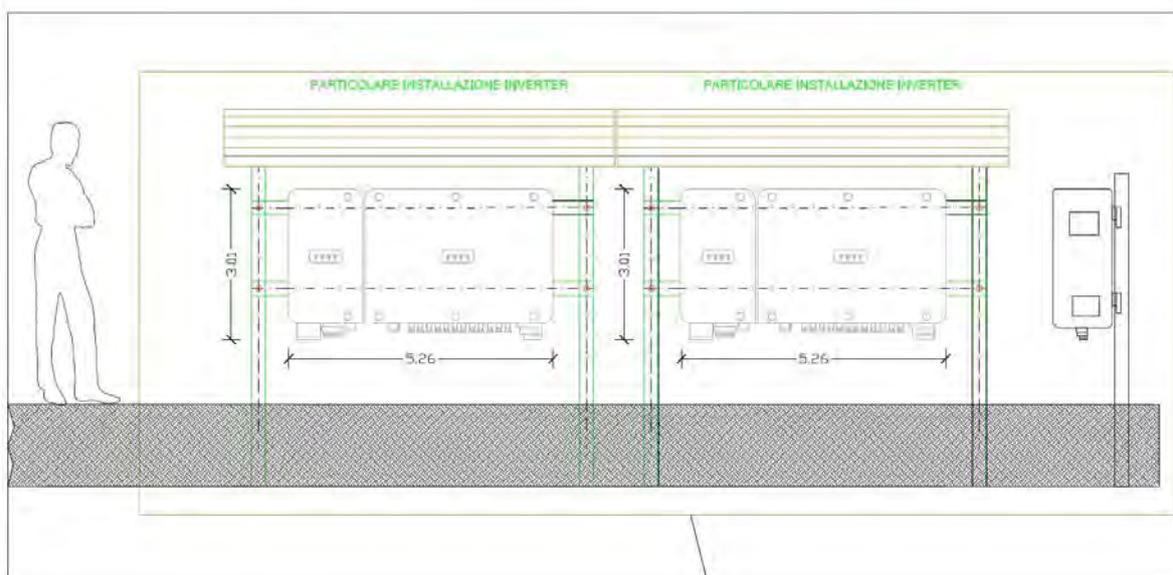
L'inverter di progetto è costituito da una parte in continua, dove sono presenti gli ingressi in c.c. a cui saranno collegati le stringhe derivate dai vari tracker, e, a seguito della conversione in alternata, di un sezionatore di protezione, da cui sarà derivata la linea di collegamento in BT per la consegna dell'energia alla vicina cabina di campo, in cui è presente il trasformatore elevatore.

## Inverter Huawei -Smart String Inverter SUN2000 – 105KTL-H1



Su ciascun inverter saranno collegati n.10 tracker, costituite da altrettante stringhe di 26 pannelli fotovoltaici, per una potenza complessiva di 10,4 kWp, potenza nominale sul lato continua; in uscita la potenza sarà pari al 99% di quella in ingresso, grazie all'elevato valore di conversione e basse perdite.

I vari inverters saranno disposti a margine delle varie file di tracker, in prossimità della viabilità interna, in modo da poter collegare l'uscita in alternata, in coppia e ridurre il numero di cavi di collegamento in BT tra inverter d campo e cabina di campo, con risparmi sui costi e riduzione del numero di cavidotti. Ciascuna coppia di inverter sarà posizionata su strutture infisse nel terreno, con copertura realizzata in legno, in modo da ridurre gli effetti termici dovuti ad irraggiamento diretto nelle ore più calde, garantendo la ventilazione naturale di cui sono già dotati, ed ambientali andando a ridurre il numero complessivo di cavi elettrici da installare.

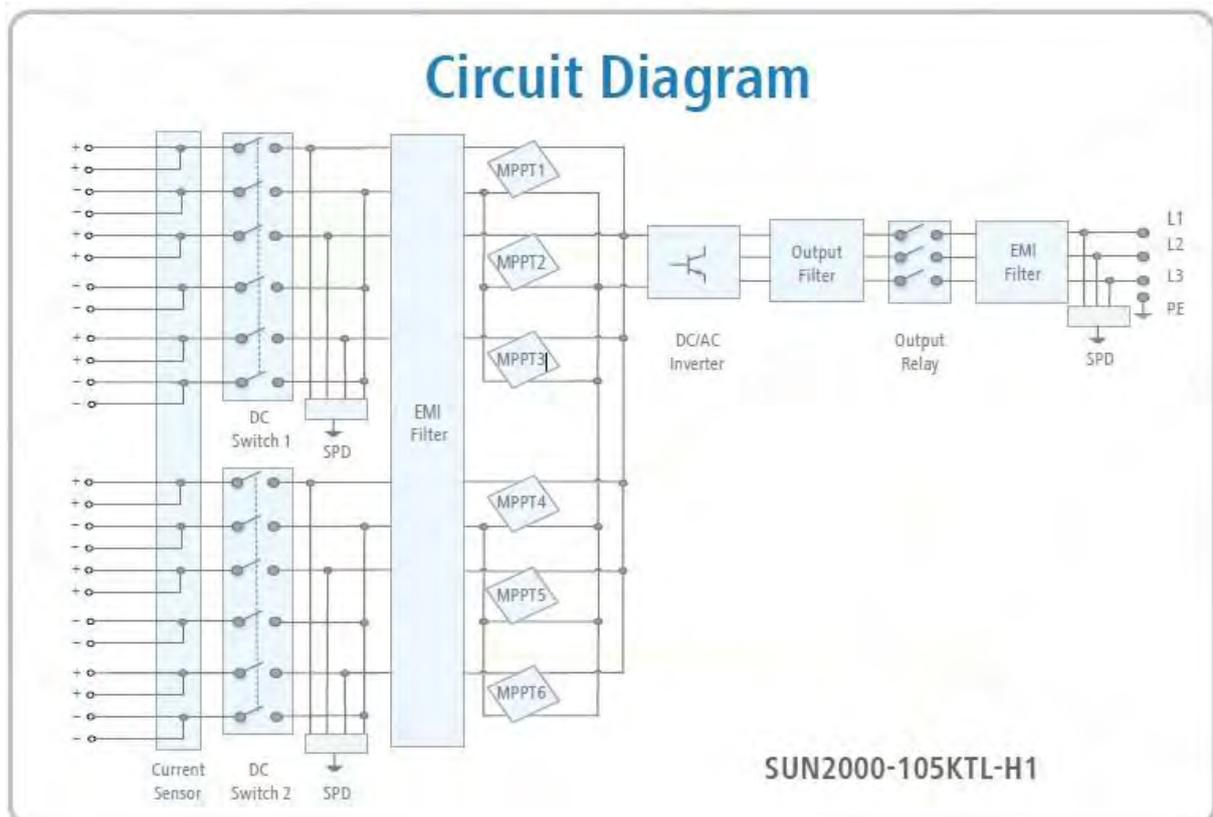




Potenza attiva nominale AC	105,0 kW a 40°C
Potenza apparente nominale AC	116,0 kVA a 25°C
Potenza attiva nominale	116,0 kW a 25°C
Rendimento europeo max	98,8
Tensione di uscita nominale -Umpp	800,0 V
Tensione max Umpp	800 VDC
Frequenza di rete nominale AC	50/60 Hz
Tensione di avvio	650 V
MPPT Range operativo di tensione	600 V – 1500 V
Tensione di ingresso nominale	1.080 V
Massima corrente per MPPT	25 A
Massima corrente di cortocircuito per MPPT	33 A
Misura	1.075x605x310 mm
Peso	79,0 kg

Tutti gli inverter sono dotati di sistema per seguire il punto di massima potenza dell'ingresso corrispondente alla/e stringhe su ciascun ingresso indipendente della curva caratteristica I-V (ovvero la funzione MPPT) e costruire l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, così da contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori assimilabili, migliorando l'efficienza di conversione in funzione dei dati di ingresso dovuto all'irraggiamento solare.

**Nella figura seguente è riportato il circuito interno dell'inverter relativo al sistema MPPT.**



La configurazione dell'inverter permette di collegare ciascuna stringa ad un ingresso indipendente, i quali sono dotati di sezionatori "DC Switch Box" e di SPD, scaricatori di sovratensione, oltre che di un filtro di protezione da armoniche, già integrati nell'inverter.

A valle del filtro, ciascun MPPT provvede a trasformare l'energia elettrica per fornire all'inverter il miglior valore della curva caratteristica I-V in conseguenza del quale il rendimento di conversione risulta essere sempre il massimo possibile, indipendentemente dal funzionamento di ciascuna stringa fotovoltaica.

In uscita dall'inverter si avrà la massima energia disponibile in BT.

In ciascun inverter sarà presente un sistema di monitoraggio, in grado di seguire ciascun comportamento del tracker e della relativa stringa in ingresso all'inverter che consentirà di effettuare:

- la connessione di parallelo DC stringhe con il sistema di comunicazione seriale integrato con il sistema di telecontrollo, con segnalazione di allarme in caso di perdita di comunicazione;
- la misura della corrente di ogni singola stringa;
- la rilevazione del mismatch tra stringhe fotovoltaiche;
- la funzione antifurto 24/24h a misura di impedenza di stringa (opzionale);
- la gestione degli allarmi di apertura stringa e scarsa performance delle stringhe;
- le misure ambientali indipendenti (es. irraggiamento, temperatura, direzione e velocità del vento);
- l'autodiagnostica avanzata;
- il contatto di segnalazione stato dell'interruttore DC;
- la connessione fino a 12 stringhe in parallelo con connettori Multicontact di serie e con grado di protezione IP65 mediante scatola in policarbonato ignifuga resistente ai raggi UV;
- la protezione con fusibili di serie sul polo positivo e (opzione) sul polo negativo, utilizzando le cassette di espansione fusibili Fuse Box;
- il sezionamento sotto carico.

Ogni stringa dovrà essere composta dallo stesso numero di pannelli e tutti i pannelli dovranno avere le stesse caratteristiche nominali. Facendo eccezione a questa regola, si otterrebbe un impianto con rendimenti bassi in cui potrebbero verificarsi malfunzionamenti o

false segnalazioni sia sulle produzioni che su segnalazioni della funzione antifurto integrata, se venisse installata nei quadri di parallelo stringhe.

La comunicazione dati per il monitoraggio del dispositivo potrà essere effettuata via RS485, il quale potrà rendere disponibili i seguenti dati: corrente di stringa, stato dei fusibili di stringa, temperature interna, lettura da sensori esterni, stato della protezione di sovratensione.

Il sistema di monitoraggio dell'impianto deve permettere di conoscere lo stato di funzionamento e di energia prodotta in ogni momento ed inoltre, permettere di archiviare i dati raccolti in modo da consentire successive elaborazioni.

### **Principio di funzionamento degli inverter. Caratteristiche generali**

L'inverter proposto ha diversi vantaggi che qui sintetizziamo:

- 1) è full-digital; non presenta necessità di messa a punto o ritardature durante l'esercizio;
- 2) possiede una potente e flessibile interfaccia utente con un microprocessore dedicato anche ai processi di comunicazione e telecontrollo;
- 3) le funzioni veloci e la generazione del PWM sono gestite da un microprocessore dedicato;
- 4) generando la sua forma d'onda di tensione e confrontandola sistematicamente con la tensione di rete è in grado di aprire il parallelo con sicurezza al suo mancare.
- 5) l'inverter è adatto per il funzionamento grid-connected.

L'inverter, mediante un circuito a microprocessore, genera una tensione sinusoidale controllabile in fase ed in ampiezza. Ciò consente di regolare, agendo sull'ampiezza della tensione  $V_i$ , la potenza reattiva trasferita verso la rete e agendo sulla fase tra tensione generata  $V_u$  e tensione di rete  $V_r$ , la potenza attiva.

L'inverter, mediante la misura delle correnti e delle tensioni di rete,  $I_u$  e  $V_u$ , calcola la potenza attiva e reattiva erogate, misura inoltre la fase fra la tensione d'inverter  $V_i$  e la tensione di rete  $V_r$ .

Tali valori sono confrontati con i valori di set point, che, per la fase fra  $V_i$  e  $V_r$ , rappresenta l'uscita dalla routine di regolazione della tensione di campo, e per la potenza reattiva rappresenta un valore derivato dalla potenza attiva tramite il fattore di potenza desiderato (generalmente è posto uguale a uno).

In funzione delle condizioni di insolazione e della presenza della rete ai valori previsti, l'inverter si avvia e, dopo essersi connesso alla rete tramite il teleruttore lato c.a., inizia ad erogare l'energia proveniente dal campo fotovoltaico al quale è connesso.

Un microprocessore provvede ad eseguire la ricerca del punto di massima potenza (MPPT) del generatore fotovoltaico corrispondente all'insolazione del momento. La ricerca avviene per successivi e rapidi tentativi e, dopo pochi istanti, l'inverter è già predisposto per estrarre dal generatore la massima potenza.

Il cambio dell'insolazione sia in aumento che in diminuzione viene immediatamente verificato dal controllo dell'inverter che, monitorando costantemente l'andamento della potenza prodotta dal campo fotovoltaico al variare della potenza verso la rete, provvede ad adeguarne il funzionamento al nuovo punto di lavoro.

I livelli di tensione e frequenza vengono costantemente monitorati allo scopo di assicurare un funzionamento sicuro e l'apertura dell'interruttore di rete, nel caso in cui questi livelli escano dai campi prefissati.

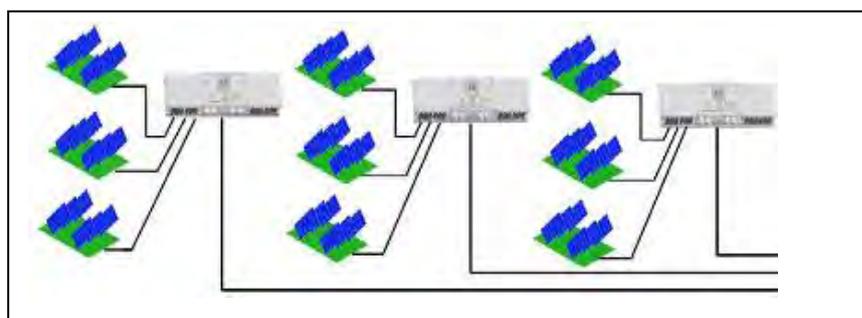
La mancanza di insolazione ovvero della rete pone l'inverter in «stand-by» con la pronta ripartenza al ritorno di entrambe le grandezze ai valori previsti.

La potenza reattiva trasferita viene sempre mantenuta pari a 0.

### **Sistema di Condizionamento della potenza**

Il sistema di condizionamento della potenza sarà costituito da un gruppo di conversione elettronico, dotato del dispositivo per l'inseguimento del punto di massima potenza del generatore fotovoltaico (MPPT), collegato ad esso per mezzo della sezione di arrivo, che realizza la connessione al generatore fotovoltaico.

Poiché gli ingressi sono indipendenti, per ogni inverter sarà realizzata una linea di ingresso cui farà capo ciascun tracker, in modo da rendere massimo il rendimento della macchina in qualsiasi condizione di lavoro. Lo schema è indicativo del tipo di collegamento realizzabile per ciascun inverter.



Il convertitore ha come riferimento la tensione di rete e non può erogare energia senza la sua presenza.

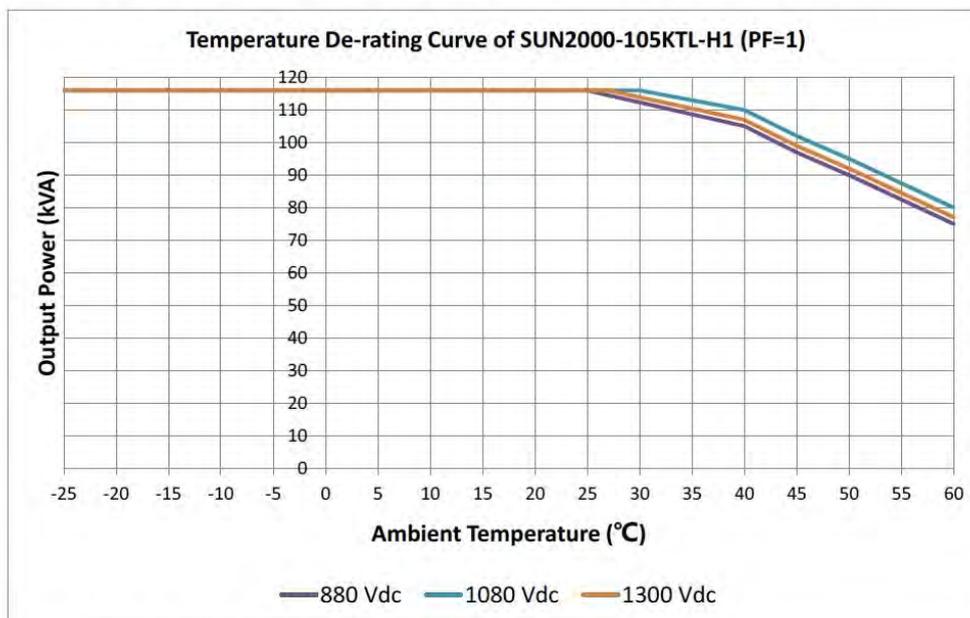
Gli organi di manovra sono interni alla macchina, sia dal lato cc che dal lato ca, garantiscono il distacco automatico con sezionamento in caso di mancanza rete ed il riacciamento automatico al ritorno della rete.

Il rendimento della macchina è garantito tra morsetti di ingresso dal campo FV e i morsetti verso la rete. La curva di rendimento totale è poi particolarmente adatta per il generatore FV, in quanto possiede un massimo molto piatto tra il 30% ed il 90 % della potenza nominale, consentendo lo sfruttamento ottimale dell'energia erogata dal sole.

L'inverter consente sovraccarichi significativi, garantendo una continuità di esercizio assoluta. Tali sovraccarichi sono legati ai transistori dovuti a variazioni repentine di irraggiamento nel corso della giornata che possono verificarsi frequentemente al passaggio di nuvole.

Nel grafico e tabella seguenti sono indicati i diversi comportamenti dell'inverter al variare dei parametri ambientali, in particolare, è visibile il livello di conversione dell'inverter al variare della temperatura esterna.

Power De-rating Curve VS. Ambient Temperature of SUN2000-105KTL-H1:



Air speed: 0.5m/s, Grid Voltage: 800Vac, PF=1

Model	MPPT Input	-25°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	60°C
SUN2000-105KTL-H1	880 Vdc	116kVA	116kVA	112.3kVA	108.6kVA	105kVA	97.5kVA	90kVA	75kVA
	1080 Vdc	116kVA	116kVA	116kVA	113kVA	110kVA	102.5kVA	95kVA	80kVA
	1300 Vdc	116kVA	116kVA	113.9kVA	110.4kVA	107kVA	99.5kVA	92kVA	77kVA

Si potrà anche prevedere una connessione della macchina con un Sistema di supervisione, al fine di monitorare il corretto funzionamento e la resa dell'impianto.

La macchina possiede a bordo tutti gli organi di interfaccia elettromeccanici che consentono, a livello di impianto, di rispettare le prescrizioni normative.

## **Strutture di sostegno delle vele**

Ciascun tracker, porterà n. 1 stringa costituita da 26 moduli disposti su n. 2 file parallele, con le seguenti caratteristiche elettriche:

Numero di moduli fotovoltaici per fila	13 + 13 (in parallelo)
Numero di moduli per ciascun tracker	26 pannelli
Tensione a circuito aperto Voc	658,19 V
Corrente di corto circuito Isc	19,78 A
Tensione al punto massima potenza Vm	543,53 V
Corrente al punto di massima potenza Im	19,14 A

Si è valutata la scelta di collegare i pannelli disposti su ciascun tracker in parallelo in modo che ciascuna vela è costituita da n.2 stringhe di 13 moduli cadauna e fronte di 26 moduli totali. Tale scelta è dovuta alla tensione di lavoro dei pannelli, poichè la tensione a vuoto della stringa non deve superare la tensione di lavoro dell'inverter pari a 1500 Vcc, mentre è possibile lavorare in parallelo con una corrente pari alla somma delle due stringhe pari a 19,78 A. La disposizione dei pannelli e di ciascuna vela che presentano le stesse condizioni di lavoro e tensioni in funzione dell'angolazione, valutate sia nel periodo invernale, in cui le condizioni ambientali sono ottimali (temperatura esterna prossima a zero gradi e cielo nitido), in cui la tensione di stringa sarà pari a 543,53 Vdc, essendo le vele inclinate ed in grado di captare la massima radiazione, entro il valore massimo Vdc ammissibile per l'ingresso all'inverter, mentre la corrente rientra ampiamente nei limiti di valori accettabile.

La struttura di sostegno delle vele, costituite da tracker motorizzati monoassiali, su cui saranno alloggiati i pannelli fotovoltaici, sarà realizzata con profili in acciaio zincato a caldo.

La struttura di sostegno della vela sarà realizzata con montanti in acciaio infissi nel terreno ad altezza variabile, per i diversi tracker secondo le caratteristiche geomorfologiche del terreno, con quota variabile rispetto al piano di campagna, su una inclinazione del terreno compresa tra 0,0 m ad 0,6 m, lungo la linea di movimentazione, avente una lunghezza di 13 m, sorretta da n.3 montanti in acciaio necessario al garantire le strutture di sostegno, infissi nel terreno ad una profondità variabile tra 1,5 e 2,0 m, in funzione della pendenza del terreno, tenendo conto delle ombre che una fila di pannelli può proiettare su quella



Il sistema di sostegno, visibile nella figura precedente, deve reggere il peso del tracker e dei pannelli, oltre ai carichi derivanti da condizioni ambientali avverse. Su tali pali, su cui saranno montati i sistemi "tracker", saranno posizionati le strutture di sostegno dei pannelli, realizzati in profilati zincati a caldo ad omega, per il bloccaggio dei moduli fotovoltaici. Ulteriori dettagli sul sistema di fissaggio dei moduli sono riportati nella scheda tecnica fornita dal costruttore.

Il progetto prevede di utilizzare delle strutture portanti adatte al terreno di tipo argilloso, con la possibilità di scegliere tra pali infissi nel terreno, mediante l'impiego di attrezzature battipalo o di pali a vite.

In entrambe le soluzioni non si prevedono basamenti in cemento, allo scopo di ridurre al minimo possibile l'impatto sul terreno. Inoltre si facilita anche il piano di dismissione dell'impianto.

## **Gestione dei tracker e movimentazione**

Ogni fila è dotata di un attuatore lineare ed un inclinometro elettronico.

L'attuatore lineare viene mosso da un motore a 24 Vc.c. con un assorbimento di corrente di 6 A. la movimentazione del sistema è ottenuta mediante un motore in corrente continua, cc ad alta efficienza, basso riscaldamento, senza condensatore elettrolitico. Nella versione cablata, il controllo è alimentato dalla rete elettrica. Nella versione wireless, il controllo è autoalimentato direttamente dal pannello delle stringhe.

Nella versione cablata proposta, l'alimentazione del tracker è monofase 230 AC. La classe di isolamento è: Classe II. Il dispositivo elettronico di controllo è una scheda elettronica protetta da una scatola di plastica, il materiale è PC + ABS resistente ai raggi UV, grado IP 65. Ogni tracker è dotato di una scheda elettronica alimentata direttamente dai pannelli delle stringhe. L'algoritmo Sun tracker è un algoritmo astronomico con strategia di backtracking e calendario perpetuo.

Il controllo dell'algoritmo fornisce una fase di backtracking mattutino da 0 ° a + 55 ° e analogamente una fase pomeridiana di backtrack da -55 ° a 0 °. Il sistema calcola l'angolo ottimale evitando l'ombreggiatura dei pannelli.

Durante la fase centrale "tracking diretto" da + 55 ° a -55 °, il sistema insegue l'angolo ottimale per il localizzatore con un errore massimo pari al valore impostato. Più piccolo è l'errore di tracciamento, maggiore è il numero di stop and go dell'attuatore durante il giorno.

Il programma riguarda la funzione di localizzazione, ogni singola unità di controllo può funzionare autonomamente senza essere connessa allo SCADA.

Il controllo opera per preservare la durata delle spazzole del motore e la durata dei relè e per garantire il numero di arresti e scatti necessari per la durata prevista di 25-30 anni dell'impianto.

Sarà possibile modificare e impostare i parametri di controllo per adattare il sistema alle caratteristiche del sito locale e ottimizzare la produzione di energia solare.

La soluzione di supporto per la posizione dell'attuatore è realizzata con boccia in bronzo a basso attrito, fissata con dadi su un supporto in acciaio. I perni di rotazione sono realizzati in acciaio inossidabile. L'accoppiamento elettrochimico dei materiali è esente da corrosione.

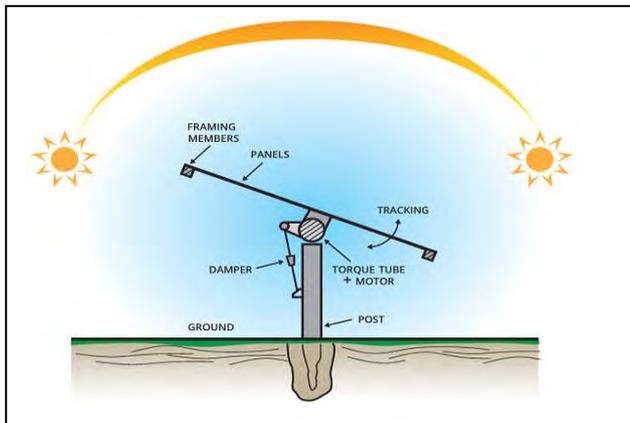
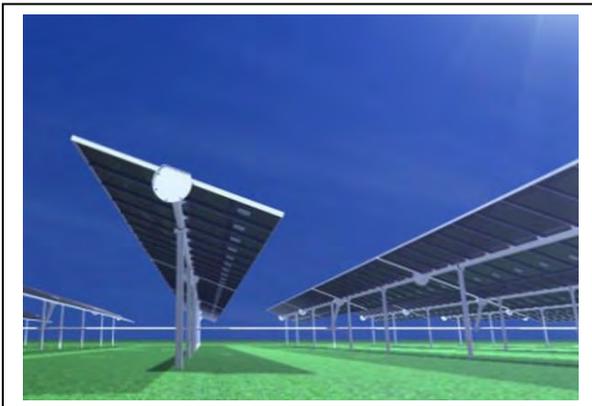
La soluzione portante per la posizione dei poli secondari è realizzata in tecnopolimero, alto modulo-basso attrito, elementi fissati al tubo 150x150, che ruotano in un supporto circolare del sedile.

L'asse di rotazione è molto vicino all'asse del baricentro della struttura. Ciò consente di ridurre la coppia sulla struttura e il carico sull'attuatore.

Il dimensionamento torsionale della struttura è realizzato al fine di evitare fenomeni di instabilità dovuti all'aumento del coefficiente del "fattore di forma". Per il sito è valutato per le file interne un carico di vento di area urbana.

Il materiale dei poli è acciaio S 355 JR, mentre il materiale della parte di giunzione e del supporto del cuscinetto è in acciaio S 355 JR e S 275 JR. Il materiale del tubo è S 355 JR (file esterne) e S 275 (file interne). Per gli arcarecci i materiali sono acciaio S 355 JR.

La protezione superficiale avviene mediante zincatura a caldo secondo la norma UNI-EN-ISO1461.



Il fissaggio dei pannelli fotovoltaici viene effettuato con viti in acciaio inossidabile e rondella in acciaio inossidabile per evitare fenomeni di accoppiamento galvanico e corrosione.

Il terreno è classificato come non corrosivo. Le fondazioni sono realizzate con sistema di martellatura diretta. I pali sono realizzati in acciaio S 355 JR più adatto per essere martellato senza deformazioni nella testa martellata.

Il periodo di vibrazione naturale dell'intera struttura del tracker è inferiore a 1 secondo, quindi il comportamento della struttura può essere classificato "rigido" per quanto riguarda il calcolo.

## **Caratteristiche del Sistema SCADA e del Server**

Il sistema SCADA nella versione cablata utilizza il protocollo Modbus RTU per comunicare con le unità di controllo. Nella versione wireless il sistema SCADA utilizza il protocollo wireless Zig Bee meshnet per comunicare con le unità di controllo e supervisionare l'intero impianto.

I sistemi informatici distribuiti, consentono una gestione più efficiente dei processi produttivi, i sistemi SCADA sono software progettati per controllare l'intero processo produttivo anche a distanza.

Grazie a sensori e altri strumenti di misurazione sparsi tra i vari macchinari e le strutture, i software SCADA garantiscono un controllo pressoché totale al tecnico o all'ingegnere di turno. Tutt'altro che difficile comprendere, dunque, quale sia l'importanza di sistemi di questo genere nell'ambito dell'automazione industriale: individuando il software SCADA più adatto ai propri scopi, si sarà in grado di gestire gli impianti e analizzarne le performance anche se non si è presenti in sede. Basterà sfruttare una connessione protetta (tramite una VPN, ad esempio), per accedere al pannello di controllo dell'impianto di produzione di propria competenza.

Dal pannello di controllo principale, è possibile controllare lo stato dei nodi, impostare i parametri del nodo e gestire un intero set di parametri operativi.

SCADA gestisce allarmi vento e neve ed eventi eccezionali che possono verificarsi. La configurazione standard prevede la presenza di tre anemometri per un ICR di conversione (circa ogni 2/3 MWp): un anemometro principale situato sull'unità di conversione (ICR) e altri due anemometri remoti situati in punti strategici significativi dell'impianto.

Ogni giorno da SCADA gli orologi di tutte le unità di controllo sono sincronizzati.

In presenza della linea ADSL, è possibile connettersi al sistema in remoto.

E' possibile collegare il sistema SB Solar SCADA ad altri sistemi SCADA funzionanti nell'impianto o negli impianti vicini.

Nella versione wireless il sistema SCADA utilizza il protocollo wireless Zig Bee Mesh Net per comunicare con le unità di controllo e supervisionare l'intero impianto.

## **Caratteristiche del SOFTWARE**

Il sistema si basa sul software di visualizzazione SIMATIC WinCC Runtime Advanced.

La soluzione HMI basata su PC per sistemi a utente singolo direttamente sulla macchina. SIEMENS SIMATIC WinCC Runtime Advance è configurato con il software di configurazione SIMATIC WinCC Professional.

Le funzioni principali sono elencate di seguito:

- Visualizzazione tramite interfaccia utente conforme a Windows.
  - Costituito da oggetti schermo parametrizzabili e faceplate creati su una base specifica del progetto:
    - Campi di input / output numerici e alfanumerici
    - Testo statico e display grafico oltre a grafica vettoriale
    - Grafica dinamizzabile dalla libreria dei simboli HMI
    - Grafico a barre, grafico della curva di tendenza con funzione di scorrimento e zoom e riga di lettura
    - Elenchi di testo e grafici specifici del segnale
    - Pulsanti e interruttori per comunicazione di processo dell'operatore
    - Modifica dei campi per i valori di processo (segnali)
    - Display analogico, cursore come esempio per ulteriori oggetti dello schermo
    - Faceplate specifici del progetto creati da oggetti di base del sistema
    - Display grafici per vari formati grafici standard
  - Collegabile con l'impianto SCADA tramite protocollo di comunicazione TCP / IP OPC UA
- Allarmi e messaggi
- Allarmi discreti e allarmi analogici, nonché guidati da eventi
  - Procedura di segnalazione Alarm-S / Alarm-D con SIMATIC S7

## **Cosa sono i sistemi SCADA**

Quando si parla di sistema SCADA o di software SCADA (acronimo di "Supervisory Control And Data Acquisition", cioè "controllo di supervisione e acquisizione dati") ci si riferisce a un

sistema informatico distribuito che si occupa della supervisione, della raccolta dati e del controllo di un impianto di produzione. Ciò facilita i processi decisionali garantendo un controllo esaustivo e in tempo reale dell'intero processo produttivo, senza che ci sia la necessità di effettuare controlli manuali o, addirittura, trovarsi all'interno dell'impianto stesso. Grazie alla connettività alla Rete, infatti, è possibile accedere ai sistemi SCADA anche a distanza di decine e decine di chilometri.

### Caratteristiche dei sistemi SCADA

Un sistema SCADA presenta una serie di caratteristiche peculiari capaci di renderlo di grande aiuto all'interno di impianti di qualunque dimensioni.

- Fonte di dati. I software SCADA acquisiscono, processano e archiviano una grande quantità di dati provenienti dai sensori distribuiti all'interno dell'impianto. Queste informazioni possono essere poi utilizzate per ottimizzare ed efficientare i processi produttivi
- Tutto sotto controllo. Grazie a interfacce utente ottimizzate e intuitive, i sistemi SCADA sono in grado di rappresentare graficamente l'intero processo produttivo e avere sempre sotto controllo i valori e parametri fondamentali dei vari macchinari e ricevere allarmi sonori nel caso ci siano delle anomalie
- Architettura aperta e flessibile. L'utilizzo di sistemi SCADA non pone limiti alla possibile espansione ed implementazione. Si tratta di software modulari, caratterizzati da un'architettura aperta e flessibile, che permettono una facile implementazione di nuovi strumenti.
- Controllo remoto. La supervisione e il controllo dei processi produttivi non richiede la presenza di personale tecnico. Infatti, i sistemi SCADA possono essere collegati a Internet (tramite connessioni protette con VPN, onde evitare di esporsi a inutili attacchi informatici) e controllati tramite un normale browser distante anche centinaia di chilometri

L'automazione industriale è uno degli aspetti più importanti nel processo di digitalizzazione della produzione industriale. Grazie ai sistemi ed alle soluzioni offerte dai sistemi SCADA, sarà possibile governare le attività e gestire l'evoluzione dei processi senza che ci sia bisogno dell'intervento continuativo di tecnici.

## 16. Cabine di campo

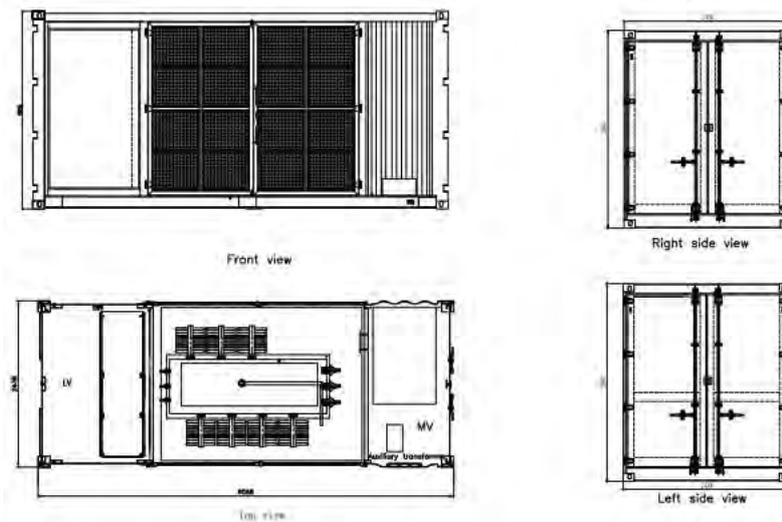
L'impianto sarà costituito da numero 9 sezioni, suddivise in sottocampi variabili da circa 1.4 MW ai 2.5 MW. Ciascun sottocampo sarà costituito da n. 1 trasformatore con la potenza variabile da 1.400 kVA ai 2.500 kVA. In figura è riportata la suddivisione delle varie sezioni di impianto, considerando che sono presenti n.5 CAMPI aventi potenze differenti in funzione delle superfici disponibili e del numero di pannelli installabili.

La suddivisione del numero di pannelli per ciascun campo è stata fatta per ragioni orografiche simili e per ridurre al minimo il sistema di cablaggio, inserendo baricentricamente le cabine di campo.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO		CAMPO 1		CAMPO 2	CAMPO 3			CAMPO 4	CAMPO 5	
	TOTALE	Cabina 1	Cabina 2	Cabina 3	Cabina 4	Cabina 5	Cabina 6	Cabina 7	Cabina 8	Cabina 9
Tracker	1.920	240	240	130	240	240	150	200	240	240
Moduli ogni tracker		26	26	26	26	26	26	26	26	26
Totale Moduli	49.920	6.240	6.240	3.380	6.240	6.240	3.900	5.200	6.240	6.240
Potenza di Picco Modulo	400 Wp	400 Wp	400 Wp	400 Wp	400 Wp	400 Wp	400 Wp	400 Wp	400 Wp	400 Wp
Totale kW	19.968 kWp	2.496 kWp	2.496 kWp	1.352 kWp	2.496 kWp	2.496 kWp	1.560 kWp	2.080 kWp	2.496 kWp	2.496 kWp

### Ripartizioni delle potenze per singolo campo fotovoltaico

La scelta progettuale è stata quella di ottimizzare le fasi installative e ridurre al minimo gli impatti sul territorio, per cui le cabine di campo saranno realizzate mediante box o cabine prefabbricate, nel quale saranno alloggiati le apparecchiature elettriche.



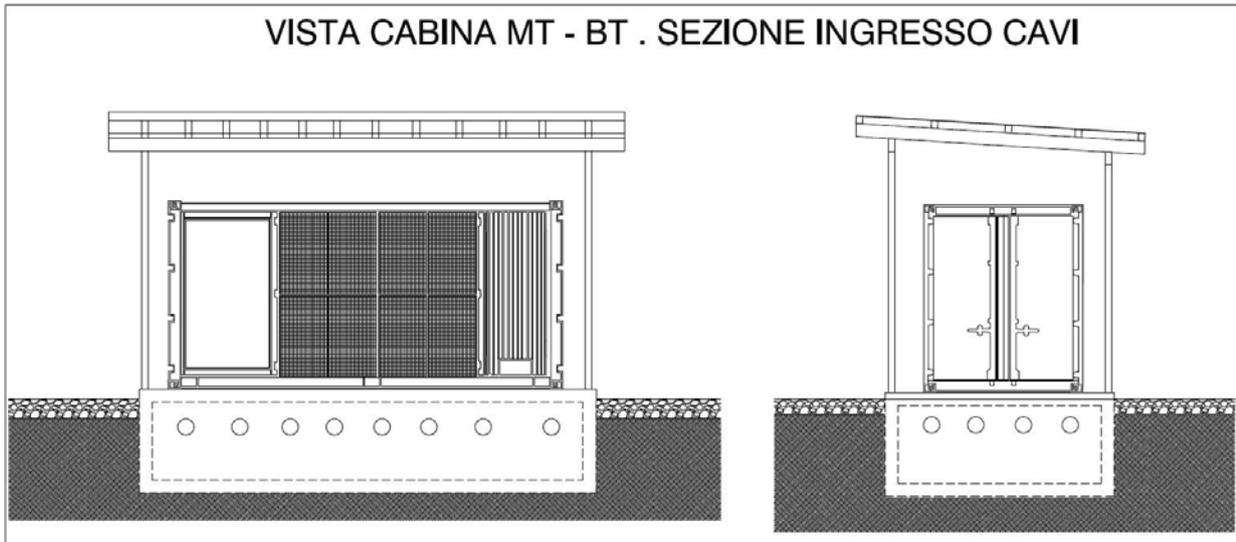
Tali cabine-box, contenute in container, saranno posizionati su apposite platee predisposte nei punti indicati in planimetria. Ciascuna platea sarà realizzata per contenere tutti i cavidotti di collegamento all'impianto e per cavidotto di consegna in MT.

Ogni platea sarà attrezzata per il posizionamento di numero 1 box contenenti il trasformatore, in modo che sarà realizzato un solo cavidotto in MT di collegamento tra le cabine di campo e la cabina di consegna, posta all'ingresso del campo fotovoltaico.

Ciascuna platea sarà coperta con tettoia aperta, realizzabile in legno, avente la funzione di protezione da agenti atmosferici e da irraggiamento diretto dei due box impianti, garantendo allo stesso tempo una buona ventilazione naturale, utile nel periodo estivo.

Sotto la tettoia saranno localizzati anche quadri di servizio per la gestione dei segnali e per i controlli delle varie sezioni di campo.

## VISTA CABINA MT - BT . SEZIONE INGRESSO CAVI

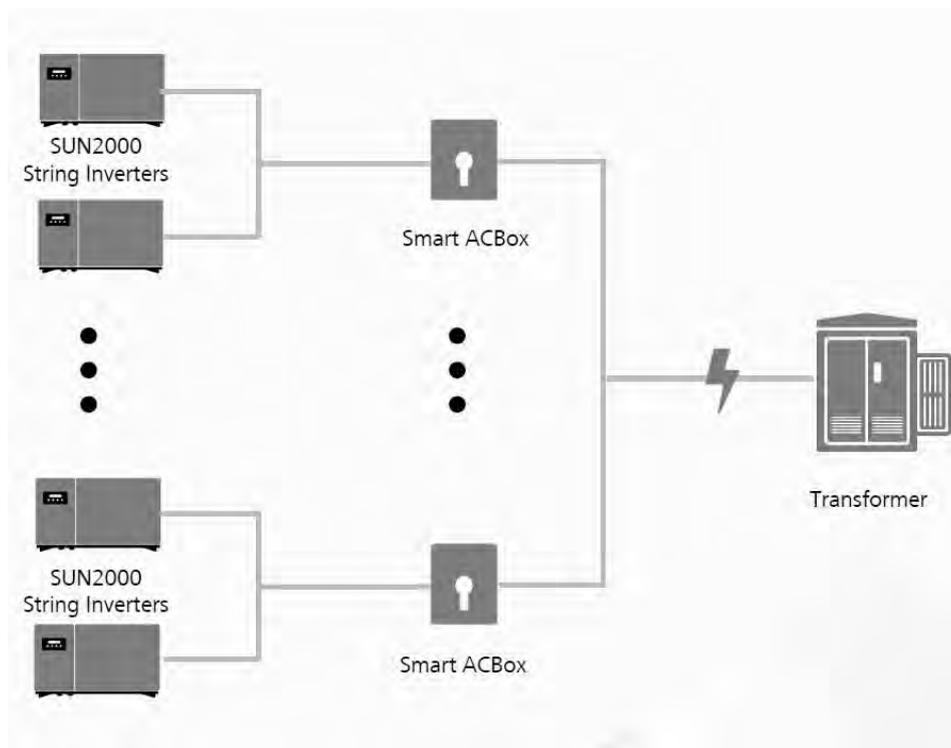


La connessione alla rete elettrica, di ogni sezione dell'impianto, è prevista tramite linea interrata, in entra-esce da ciascuna sezione di impianto attraverso il collegamento di numero 1 cabina di trasformazione per una potenza variabile di 1.400 a 2.500MWp/cadauna, fino alla cabina di consegna, sita in prossimità della Strada Comunale San Procopio, da cui partirà la linea di consegna alla stazione primaria della stazione di Terna. Le linee di collegamento tra le varie cabine di campo e la cabina di consegna, saranno realizzate in cavo interrato alla tensione di 30kV, in modo da ridurre le perdite lungo il tracciato.

Nella cabina di consegna dell'impianto posta in prossimità della Strada Comunale San Procopio, saranno ubicati i quadri di sezionamento e di protezione dell'impianto fotovoltaico. Per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico, sono previste n.9 sezioni ciascuna costituita da n.1 cabina di campo. A ciascuna sezione faranno capo i vari sotto-campi, in cui è suddiviso l'impianto fotovoltaico. Per ciascuna sezione saranno presenti n.1 trasformatori da 1.400 kVA a 2.500 kVA. Ciascuna cabina, realizzata in container attrezzati saranno collegati le varie linee in BT derivate dagli inverter di campo, che opereranno la trasformazione della potenza da continua, prodotta dai pannelli fotovoltaici, in alternata. Gli inverter saranno posizionati ai bordi della viabilità interna, anch'essi in coppia, in modo da realizzare un solo cavidotto in BT di collegamento tra inverter e cabina di campo, riducendo notevolmente il numero di cavidotti necessari. Le varie linee di collegamento in BT di uscita dagli inverter, andranno a confluire nelle platee attrezzate in cui saranno posizionati i quadri di parallelo per il collegamento alle cabine di trasformazione.

Tali inverter saranno posizionati in prossimità della viabilità interna, alloggiati su una struttura costituita da due traverse ed una tettoia in legno o similare, sotto la quale saranno

posizionati n.2 inverter da 105 kWp. In tal modo, saranno derivati linee in BT di collegamento al quadro di parallelo posto in prossimità della cabina elettrica di campo.

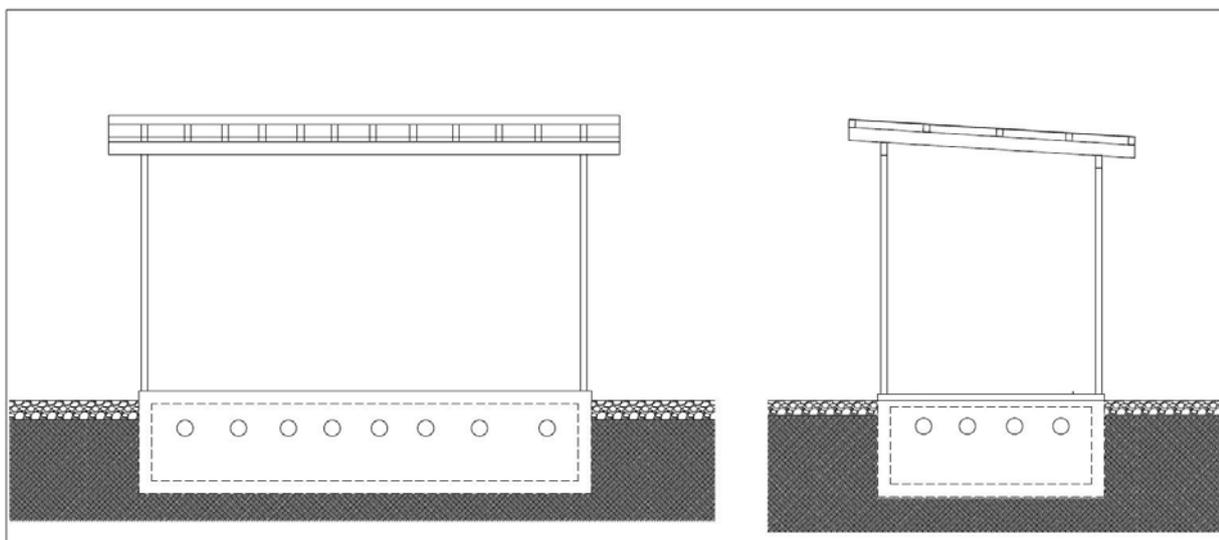


Tale soluzione permette un più facile controllo e monitoraggio, una semplice manutenzione ed individuazione del guasto, essendo sempre in coppia gli inverter sarà possibile il confronto in tempo reale di anomalie da parte dell'operatore addetto alla manutenzione.

Permetterà di ridurre il numero di cavidotti e di linee interrato da realizzare, migliorandone i costi di realizzazione. Permetterà un maggior raffrescamento dell'inverter per ventilazione naturale, nei periodi di maggior caldo, in cui il rendimento dell'inverter tende a ridursi causa alte temperature ambientali.

Le linee in BT confluiranno in ciascuna cabina di campo, e tramite il collegamento al quadro di parallelo e da questo al trasformatore elevatore, necessaria al passaggio da 400 V ai 30kV, sarà pronta per la consegna verso la rete.

La proposta di realizzare sulle cabine di campo, una struttura di copertura in legno, aperta ai vari lati, avente la funzione di mimetizzare le cabine elettriche e soprattutto ripararle durante la stagione estiva, dalla radiazione diretta del sole. Ciò permetterebbe un minor riscaldamento ed una maggiore efficienza del sistema di conversione, riducendo gli sprechi di energia per il raffrescamento.



Nella platea di appoggio saranno realizzati i cavidotti necessari ai collegamenti dei componenti dell'impianto. In figura viene rappresentato il box contenente il trasformatore e gli interruttori di sezionamento e protezione della cabina.

Tipologico di cabina di trasformazione:



Il sistema Smart Transformer Station è un contenitore compatto di circa 6 m che contiene un trasformatore esterno in olio isolante, i quadri di distribuzione MT ed il pannello LV. Consente una connessione rapida e affidabile dell'inverter PV alle reti MV.

Tale sistema presenta il vantaggio di un monitoraggio in tempo reale di trasformatori, dei quadri MT e dei pannelli LV, mediante la raccolta online di parametri elettrici, con alta precisione 0,5%, oltre che il controllo remoto degli interruttori del pannello LV e dell'interruttore MT.

Il sistema viene assemblato, prefabbricato e pre-testato, con possibilità di gestione rapida in plug & play, in un contenitore semplice per il trasporto e richiedente una fondazione minimizzata.

Il container è già dotato di un sistema di raffreddamento e di certificazione di collaudo, CE.

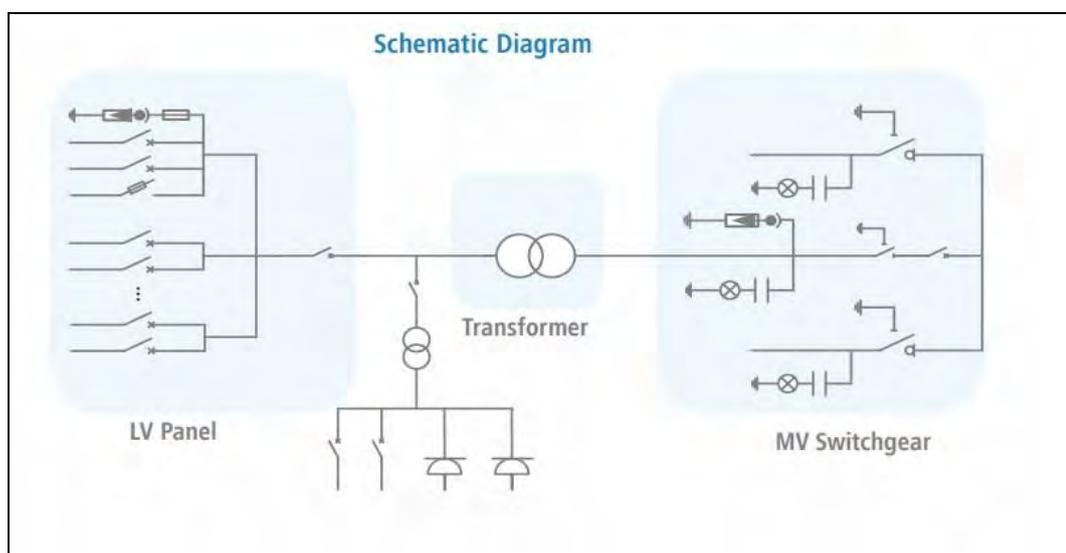
## Trasformatore BT/MT

Il sistema di conversione prevede delle cabine di trasformazione in posizione baricentriche, per ogni gruppo di stringhe, con installazione di quadri di campo, che, a loro volta, sono collegati ad un gruppo di conversione in corrente alternata.

Il sistema di conversione, controllo, consegna, è sistemato in un locale protetto, che sarà collegato al trasformatore, posizionato all'interno del locale tecnico apposito (inverter/trafo) che servirà ad innalzare il livello di tensione da 400V a 30kV.

Trasformatore trifase immerso in olio minerale

Gruppo Vettoriale	Dyn11
Frequenza	50Hz
Tipo di raffreddamento	ONAN
Potenza nominale servizio continuativo	2500kVA a 50°C
Potenza nominale servizio continuativo	2650kVA a 45°C
Massima potenza in AC	2800kVA a 40°C
Tensione nominale	30/33/3,54 kV
Massima corrente ingresso nominale	2.243 A
Massima tensione di ingresso	800 V
Collegamento Trasformatore	Stella+Triangolo
Classe di isolamento	34kV
Classe ambientale, clim, comp.al fuoco	E2-C2-F1
Tensione di c.c.	6,5%
Po(W)	2100
Pk(W)120°	13000
Pk(W)75°	11600
Norme	IEC 60076

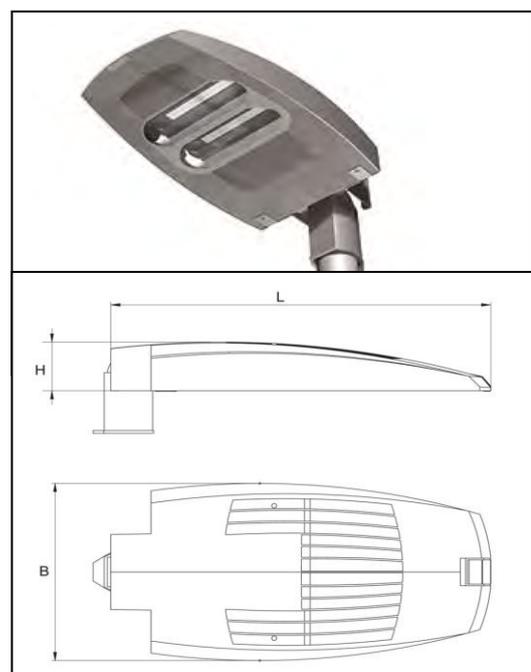
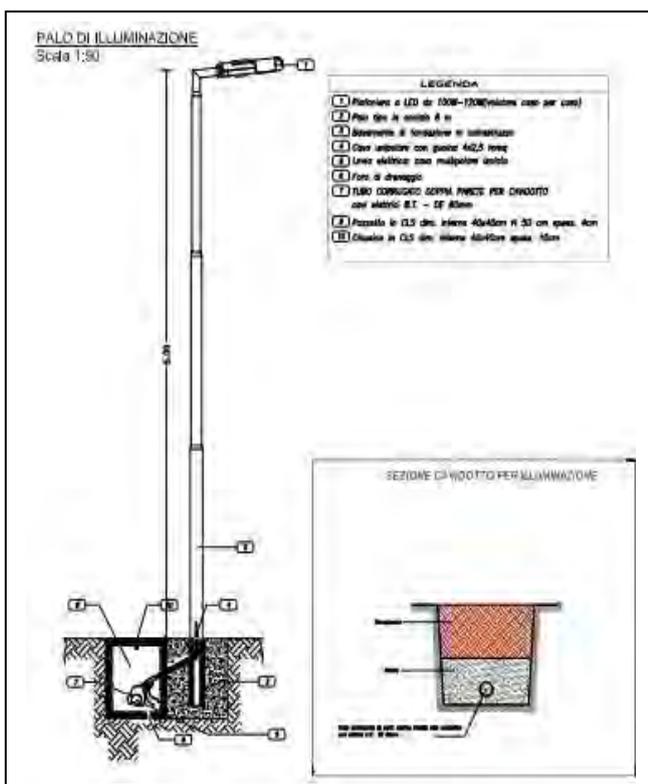


## 17. Impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione è previsto su tutto il perimetro dell'impianto e sarà realizzato con pali tra loro distanti circa 40 m e di altezza di 6m, adatta ad illuminare il perimetro dell'area. Essi saranno dotati di lampade del tipo cut-off e di elevata efficienza (a led, della potenza massima di 100W).

E' stato previsto una alimentazione continua per i punti di accesso e le aree a maggiore frequentazione, come le strade esterne. Mentre per la restante parte si doteranno di sensori di movimento in grado di accendere, in vicinanza di una sagoma avente caratteristiche simile a quelle umane. Scopo di tale scelta è quella di rendere minimo l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso, oltre al salvaguardare la fauna selvatica presente in zona.

Il 50% delle lampade sarà alimentato da una linea a 220Vac, che potrà essere servita da gruppo di continuità e relative batterie di accumulo, in modo da ridurre i consumi energetici e sfruttare la generazione di energia da fonte rinnovabile. Il sistema previsto sarà costituito da un impianto fotovoltaico con accumulo, la cui generazione sarà realizzata sui tetti delle rispettive cabine di trasformazione, in modo che si ottimizza l'occupazione di suolo, si riduce il consumo di energia fossile e si impiega, per autoconsumo, l'energia rinnovabile solare mediante impiego di batterie di accumulo. Tale sistema permetterà l'utilizzo di energia pulita per l'alimentazione sia delle telecamere di videosorveglianza che per l'illuminazione notturna dell'impianto.



In figura si riporta la tipologia scelte per i pali di illuminazione. Tali tipologici saranno realizzati in palo zincato, verniciato, in grado di portare il corpo illuminante secondo una valutazione tale da disporre ogni 40 metri, intervallati, un palo di illuminazione ed uno di illuminazione con due telecamere, in grado di rilevare movimenti ed attivarsi.

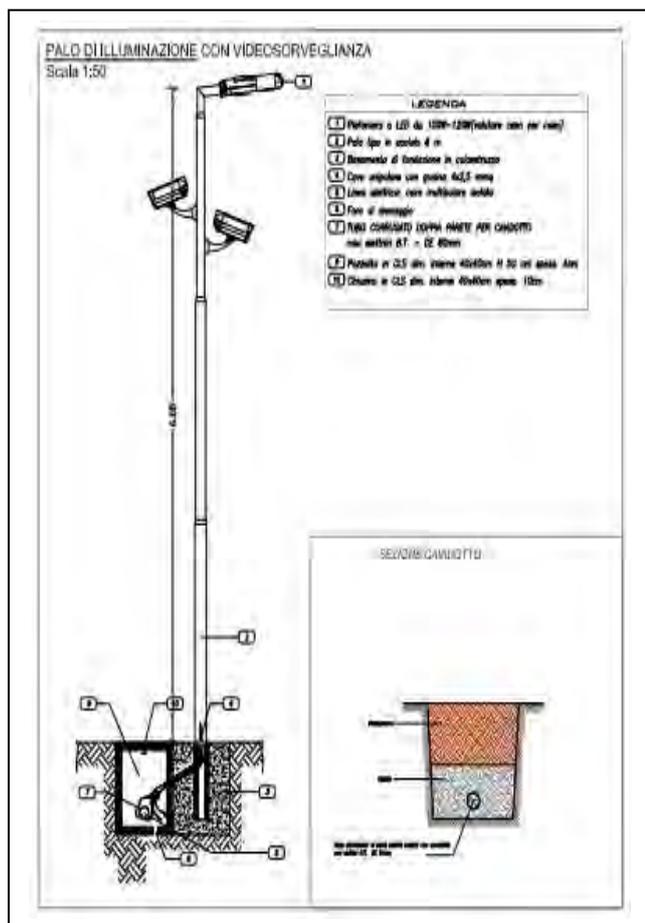
## **18. Impianto di video sorveglianza**

L'impianto di videosorveglianza sarà realizzato utilizzando le strutture dell'impianto di illuminazione. Si avrà l'istallazione di telecamere sui pali di illuminazione serviti dal gruppo di continuità, lungo tutto il perimetro, posizionate ad una altezza minima di 5 m di altezza, lungo il perimetro dell'impianto, con sistema di monitoraggio da una centrale in luogo remoto.

Le telecamere di videosorveglianza saranno di tipo professionale con led infrarossi (con visione perfetta anche in assenza di luce) con 480 linee tv. Dotata di filtro IR meccanico automatico che permette di avere colori fedeli durante il giorno e la visione IR in notturna e in maniera completamente automatica.

Le telecamere saranno disposti sui vari pali a 180 ° in modo da garantire un'ampia visualizzazione su tutto il perimetro dell'impianto.

Grazie alla tecnologia ad infrarossi, potranno rilevare e registrare anche in assenza di illuminazione notturna. Infatti nelle zone meno importanti l'illuminazione sarà accesa solo in presenza di sagome in movimento o in caso di attivazione manuale dell'accensione.



La telecamera dovrà avere una buona visualizzazione su una distanza di almeno 30m con un angolo di visualizzazione di 150°, tale da coprire adeguatamente il perimetro dell'area di impianto controllato.

Le telecamere, dovranno registrare i movimenti, inviando un segnale di allarme e una registrazione dovranno controllare l'intero perimetro della recinzione, con particolare attenzione ai punti critici, realizzati in prossimità delle cabine elettriche e nelle zone di attraversamento. Le telecamere saranno collegate ad un sistema di registrazione, VDR, posizionato in cabina di consegna e controllabile, tramite rete, anche da remoto.

Le telecamere saranno dotate di sensore di movimento ed a infrarosse. Solo per quelle posti in prossimità di cabine ed accessi, si potranno installare telecamere PTZ motorizzate (Pan – **movimento** orizzontale, Tilt – **movimento** verticale e Zoom). L'impianto di videosorveglianza dovrà essere realizzato mediante l'impiego di telecamere dotate di rilevamento di movimento.

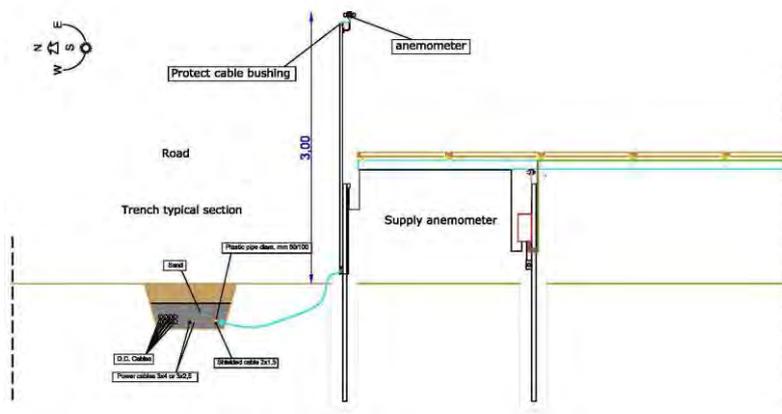
Un esempio di telecamera night and day.



La tecnologia AHD è la più recente evoluzione che riguarda il mondo della sorveglianza. La caratteristica principale rispetto alle obsolete CCTV analogiche è la presenza di sensori CMOS Megapixel che consentono riprese nitide prive di disturbi con un'elevata capacità di elaborazione d'immagine sia di giorno che di notte. Ad esempio la nuova tecnologia Vultech AHD permette di raggiungere risoluzioni in Live di HD960p -1.3MPX (1280X960) prima ottenibili solo con tecnologia IP. Caratteristica fondamentale di questa telecamera AHD Vultech è la funzione DUAL-MODE. Tramite il telecomando OSD sarà possibile cambiare in qualsiasi momento la tecnologia della telecamera, scegliendo AHD (Digitale) o Analogia tradizionale.

## 19. Impianto di monitoraggio. Anemometro

La scelta di installare degli anemometri sull'impianto deriva dalla necessità di dover monitorare la velocità del vento, funzionali per la gestione dei tracker.



Il tipo di anemometro deve permettere di misurare direttamente la velocità del vento e dell'aria. Dovrà trasferire tali informazioni al sistema di controllo dei tracker per garantire la messa in sicurezza in caso di elevata ventosità o di turbolenze.

L'anemometro previsto è del tipo a tre o quattro coppette emisferiche, ognuna montata all'estremità di bracci orizzontali, che a loro volta sono montati a distanze regolari su un albero verticale. Il flusso d'aria che passa sulle coppette in direzione orizzontale fa girare le coppette proporzionalmente alla velocità del vento. Pertanto, contando i giri effettuati dalle coppette in un tempo prestabilito, si calcola la velocità media del vento all'interno di un'ampia gamma di velocità. Su un anemometro con quattro coppette è facile notare che, dato che le coppette sono sistemate simmetricamente alle estremità dei bracci, il vento soffia sempre sulla parte cava di una delle coppette e colpisce il retro della coppetta che si trova all'estremità opposta della croce.

La direzione del vento si calcola da questi cambiamenti ciclici nella velocità di rotazione della coppetta, mentre la velocità si determina normalmente in base alla velocità media di rotazione della coppetta.

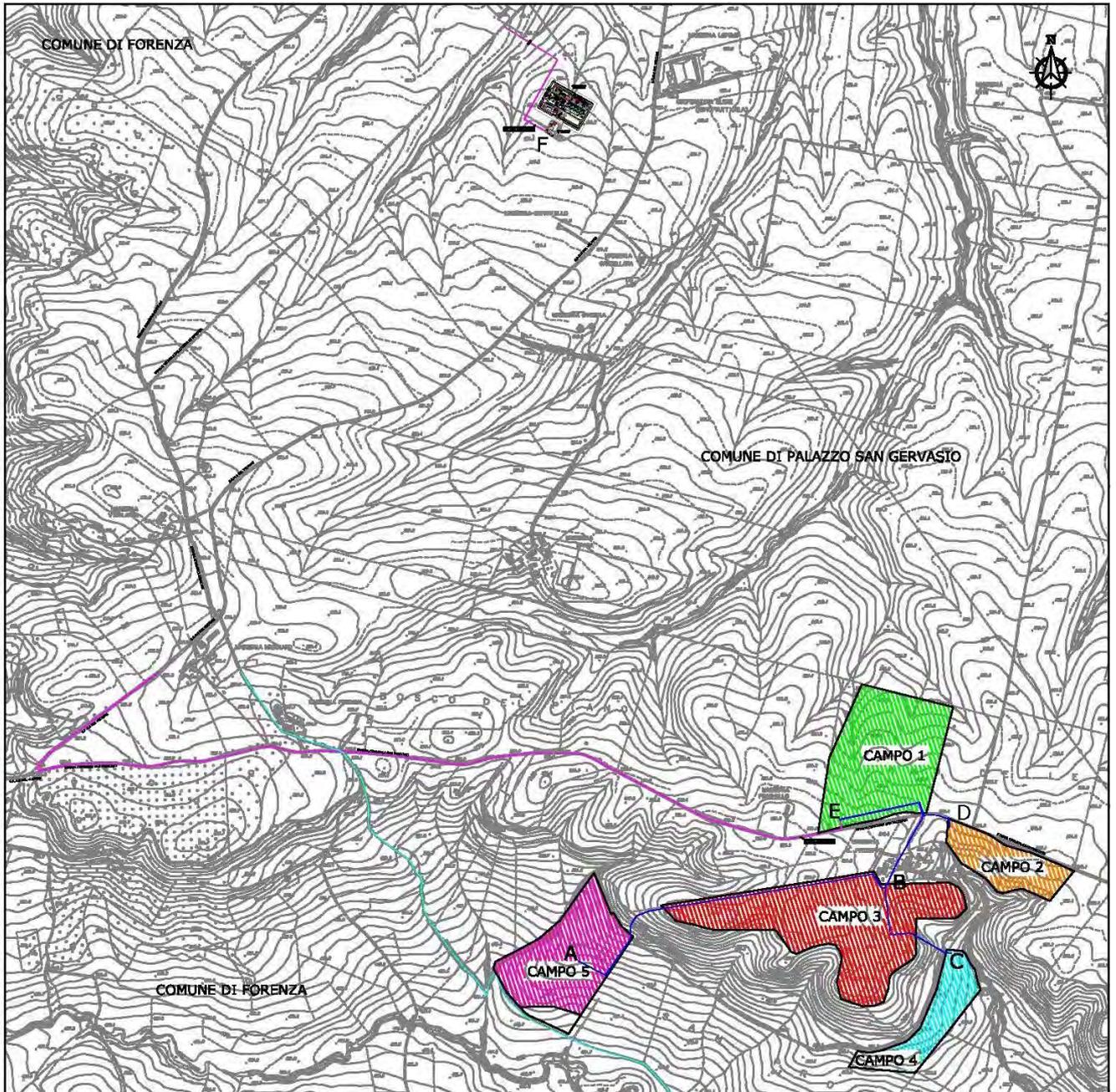
Gli anemometri a tre coppette sono attualmente utilizzati come standard industriale per gli studi di valutazione della risorsa eolica. I sistemi NRG #40C sono gli anemometri a coppette più diffusi per questo scopo. Per ragioni storiche, le dimensioni degli anemometri si misurano in "crows".

## **20. Impianto Fotovoltaico**

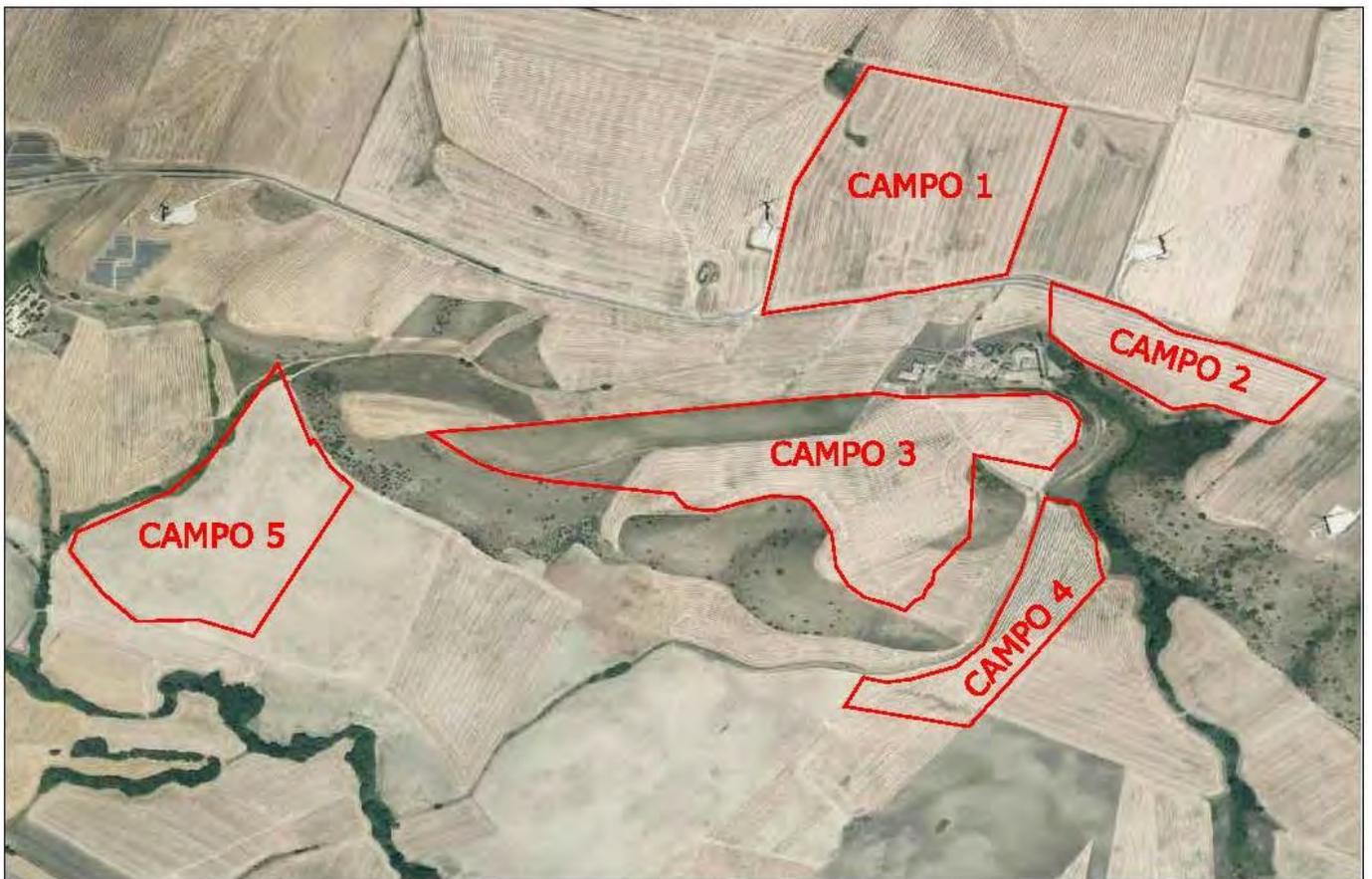
L'impianto fotovoltaico in progetto è suddiviso in tre campi, tutti ricadenti in zona agricola del comune di Palazzo San Gervasio (PZ), ubicati in contrada "*San Procopio*", che presentano una pendenza variabile da circa il 0.5% al 10% di media, con un'ottima esposizione e senza potenziali ombreggiamenti. La potenza nominale dell'impianto è pari a 19,968 MWp realizzata mediante la installazione 49.920 pannelli fotovoltaici, di tipo monocristallino, della potenza di 400 +5/-0% Wp, su 1922 strutture a tracker aventi un grado di movimento, est-ovest, da - 55° a + 55°, nel corso della giornata. L'energia prodotta mediante la conversione fotovoltaica, verrà trasformata da continua in alternata, mediante l'impiego di macchine statiche, inverter, necessarie alla trasformazione ed immissione nella rete elettrica. L'energia prodotta da ciascuna, costituente il tracker (n. 1922), sarà convogliata nelle cabine di campo per la trasformazione e la elevazione dalla bassa tensione alla media tensione, per il trasferimento nelle cabine di parallelo dei vari campi a 30kV e da queste alla cabina di sezionamento da cui sarà derivato il cavo di collegamento nella sottostazione di Terna a 150kV.

Tutte le aree dei campi su cui insisterà l'impianto non presentano significativi ombreggiamenti, non essendo presenti in prossimità strutture a alberi alti.

### Ubicazione dei Campi Fotovoltaici



Si riporta, nelle immagini seguenti, l'ortofoto delle aree interessate dagli impianti



### **Stima dell'energia annua prodotta**

La stima dell'energia annua prodotta, sulla base dei dati radiometrici ottenuti dalla norma UNI 10349 e utilizzando il metodo di calcolo relativi alla norma UNI 8477, che si basa su una radiazione incidente pari a 1586,80 kWh/mq media dell'area su cui insistono i tre campi che, per una potenza nominale di 19,968MW, in condizioni di installazione mobile, con inseguitore monoasse, lungo la direzione nord-sud, porta ad un'energia annua generata, di circa 37.004 MWh/anno.

Al fine della valutazione della producibilità annua di energia elettrica di un impianto fotovoltaico, si deve precisare che essa (come avviene per tutti gli impianti di generazione che utilizzano fonti naturali, quali quella solare, eolica) dipende dalla potenza di picco erogabile dal generatore e dall'andamento climatico dell'anno considerato, oltre che dalla radiazione incidente kWh/mq annuo, ricavabile secondo il seguente grafico:

### Info

Latitude	-40.50734 *
Longitude	15.58879 *
Annual global irradiation	1585.8 kWh/m <sup>2</sup>
Average temperature	11.5 °



Nel grafico è indicata la radiazione solare nei diversi mesi dell'anno, per metro quadro.

La potenza di picco del generatore è verificabile sulla base di misure oggettive di prestazioni e di condizioni ambientali. Per quanto riguarda l'andamento climatico, invece, ci si deve basare sul valore medio della radiazione solare valutato, nella zona di installazione dell'impianto, sul periodo climatologico annuale.

Non si può parlare, quindi, di garanzia sulla produzione annua di energia, bensì di valore ragionevolmente atteso, sulla base di dati e misurazioni tenute costantemente aggiornati.

Gli inseguitori sono dei dispositivi che, attraverso opportuni movimenti meccanici, permettono di far orientare in maniera favorevole rispetto ai raggi solari, un pannello fotovoltaico essi sono classificati in base a tre elementi, il numero di assi e la loro orientazione, quindi di tipo monoassiali, al tipo di meccanismo di orientamento, alla tipologia di comando elettronico.

Gli inseguitori che saranno utilizzati sono del tipo attivo e fanno affidamento su motori, ingranaggi e/o idraulica. Il tipo di comando elettronico che governa il movimento può essere analogico o digitale. Quelli utilizzati sono del tipo digitali, controllati mediante il comando che

deriva da un microprocessore che, tramite dei dati in esso memorizzati, conosce in ogni momento la posizione del sole nel cielo.

Un inseguitore monoassiale permette una maggiore produzione di energia compresa tra il 10 e 30 % rispetto ad un impianto fisso, a seconda del tipo di montaggio e del tipo di movimento. Uno biassiale può arrivare ad un incremento del 40%.

**In tabella sono riportate alcune valutazioni in funzione dei tipi di inseguitori.**

<i>Classificazione</i>	<i>Tipo di inseguitore</i>	<i>Incremento di energia rispetto ad impianto FV fisso</i>
Monoassiale	Inseguitore di tilt	<10%
Monoassiale	Inseguitore di rollio	15%
Monoassiale	Inseguitore di azimut	25%
Monoassiale	Inseguitore ad asse polare	30%
Biassiale	Inseguitore azimut-elevazione	40%
Biassiale	Inseguitore tilt-rollio	40%

L'impianto fotovoltaico in oggetto utilizza n. 49.980 moduli in silicio monocristallino della potenza di picco di 400 Wp, installati su strutture mobili, con rotazione da - 55° a 0° a +55° rispetto all'asse nord-sud, con sistema basculante.

La potenza nominale complessiva del generatore fotovoltaico ammonta complessivamente a  $(400 \times 49.920) / 1.000 = 19.992,00$  kWp.

La potenza massima di uscita dell'impianto, disponibile nel punto di consegna, è in generale inferiore a questo valore, principalmente per via delle perdite nella conversione DC/AC e nella trasformazione BT/MT, oltre che per la trasmissione lungo i cavi.

Ciò però non esclude che, in condizioni di irraggiamento solare particolarmente favorevoli, la potenza di uscita per ciascun inverter raggiunga il valore massimo dichiarato dal costruttore, ossia oltre i 105,0 kW, in particolare nel periodo invernale con sole perpendicolare al piano dei pannelli e con temperature esterne inferiore ai 10°C.

Utilizzando n. 8 trasformatori MT/BT a potenza variabile da 2.000 kVA a 3.000 kVA a perdite normali, le perdite complessive alla potenza nominale risultano essere all'incirca pari a 16,5 kW. Il rendimento di trasformazione risulta in questo caso essere pari al 98%, mentre la potenza nominale di uscita dell'impianto fotovoltaico è data da  $8 \times [(2,500 \times 0,98) - 16,5] = 19.583$  kW. Tale valore è approssimato per eccesso in quanto non tiene conto delle perdite nei cavi e nei dispositivi di interruzione e sezionamento. Esso non tiene inoltre conto delle

perdite nel trasformatore MT/AT, per cui nel seguito si considererà, convenzionalmente, la potenza massima erogabile in rete come pari a 19.583 kW.

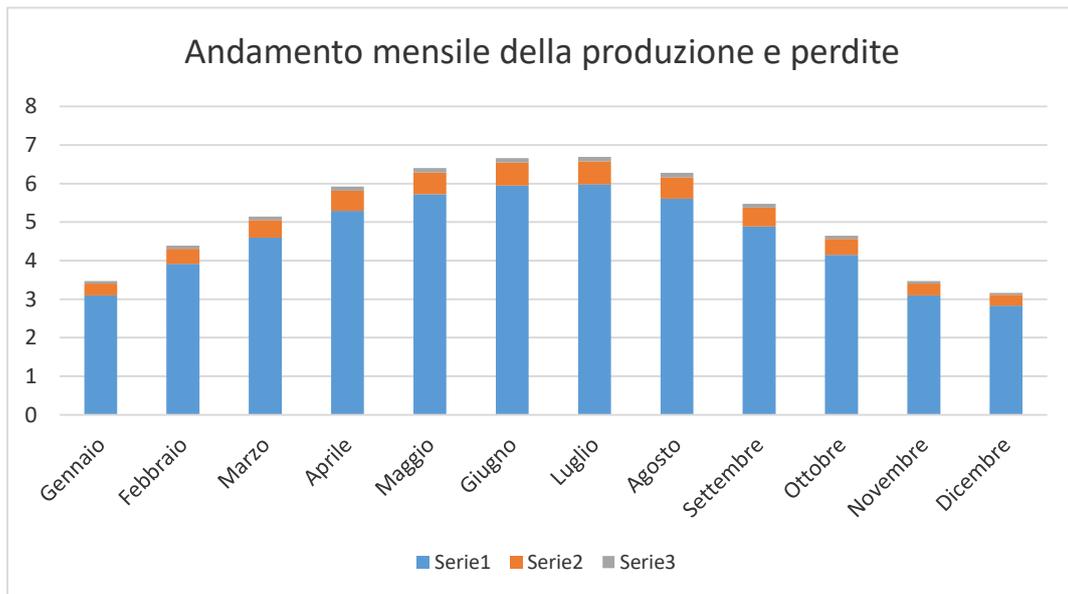
Per la determinazione dell'energia prodotta si fa riferimento alla Norma UNI 8477, il calcolo viene eseguito calcolando la Radiazione solare globale giornaliera media mensile su superficie inclinata

- Latitudine: 40°50'90"; longitudine: 16°07'34"
- Azimut: 0°00'00"
- Inclinazione rispetto al piano orizzontale: 35°00'00"
- Modello per il calcolo della frazione della radiazione diffusa rispetto alla globale: ENEA
- Coefficiente di riflessione del suolo: 0.20
- Unità di misura: kWh/m<sup>2</sup>
- Calcolo per tutti i mesi

**Produzione normalizzata per kWp installata: Potenza nominale 19.992 kWp.**

Dati radiazione incidente su piano inclinato – dati Enea					
Gennaio	2,23 kWh/mq	0,31	0,06	99.110 mq	1613819,949
Febbraio	3,12 kWh/mq	0,39	0,08	99.110 mq	2039394,051
Marzo	4,10 kWh/mq	0,46	0,09	99.110 mq	2967112,911
Aprile	5,23 kWh/mq	0,52	0,10	99.110 mq	3662785,333
Maggio	6,11 kWh/mq	0,57	0,11	99.110 mq	4421721,924
Giugno	6,57 kWh/mq	0,59	0,12	99.110 mq	4601242,76
Luglio	6,51 kWh/mq	0,59	0,12	99.110 mq	4711196,354
Agosto	5,75 kWh/mq	0,56	0,11	99.110 mq	4161194,936
Settembre	4,58 kWh/mq	0,48	0,10	99.110 mq	3207563,446
Ottobre	3,49 kWh/mq	0,41	0,08	99.110 mq	2525664,405
Novembre	2,35 kWh/mq	0,31	0,06	99.110 mq	1645802,205
Dicembre	2,03 kWh/mq	0,28	0,06	99.110 mq	1447372,152
<b>PRODUZIONE TOTALE ATTESA</b>					<b>37.004870,43</b>

Il grafico rappresenta la producibilità attesa nel corso dell'anno



Nella valutazione della potenza totale prodotta dall'impianto occorre far riferimento alla tolleranza del pannello, indicata nel +/- 5%, rispetto alla potenza nominale.

Altro parametro da prendere in considerazione è la posizione dei pannelli disposti pressochè perpendicolari alla radiazione solare.

Per i moduli fotovoltaici, l'angolo azimutale di orientamento è in direzione Est – Ovest è di 90° rispetto a Nord, mentre l'inclinazione (angolo di tilt) rispetto all'orizzontale, è variabile da un minimo di - 5° a + 5°.

Occorrerà tener conto dell'ombreggiamento reciproco dei filari di moduli fotovoltaici, il quale si può manifestare in periodi dell'anno particolarmente sfavorevoli.

In relazione alla geometria della struttura di sostegno – tracker – dei moduli ed alla posizione del disco solare nel periodo invernale (solstizio d'inverno) verrà definita la distanza tra file multiple dei tracker idonea ad impedirne il mutuo ombreggiamento anche in periodo invernale. Stesso accorgimento verrà adottato rispetto ai manufatti presenti nell'impianto quali le cabine di campo.

Risulta essere pertanto, dalle valutazioni precedenti che:

Potenza di picco:	19.968,0 kWp
Incremento della produzione con sistema ad inseguimento	+30%
Radiazione incidente nel sito kWh/mq:	1.586,80 kWh/mq
Potenza media prodotta kWh/kWp installato	1.449 kWh/kWpi
Risparmio di CO <sub>2</sub> per kWh prodotto	0,53 Kg/kWh

Potenza complessiva prodotta dall'impianto fotovoltaico:

$P = 1.449 \text{ kWh} / (\text{kWp} \cdot \text{anno}) \cdot 19.992 \text{ kWp} = 28.968,41 \text{ MWh/anno}$

Considerato l'incremento del +30%, si avrà una potenza totale annua di:

$$P = 28.968,41 \text{ Wh/anno} \cdot (+30\%) = 37.658,93 \text{ MWh/anno}$$

**Con un risparmio in termici di emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 19,624 kTon/anno.**

### **Quadri di parallelo delle stringhe dei sottocampi**

Poiché l'impianto sarà realizzato da tracker della potenza di 10,5 kWp, si è valutata la possibilità di collegare ciascuna stringa, costituente il tracker all'ingresso dell'inverter, essendo questo dotato di n.6 ingressi indipendenti e dodici ingressi. Per cui il parallelo tra le varie stringhe viene realizzato direttamente dall'inverter, con vantaggio sia sotto l'aspetto tecnico, meno collegamenti, che economico, meno materiali da utilizzare.

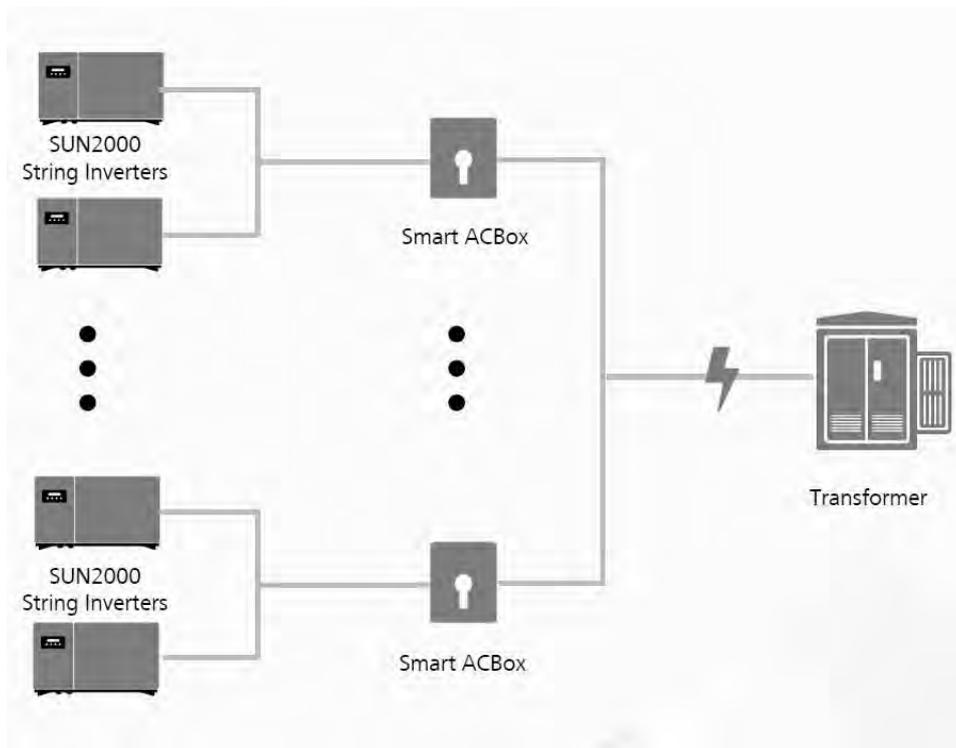
Tale soluzione permette il controllo da rete del funzionamento delle varie stringhe, permettendo il monitoraggio oltre alla possibilità offerta dal sistema Smart Control della trasmissione dei valori di lettura rilevati per ogni singola stringa.

I quadri di sotto-campo saranno posizionati, in uscita dall'inverter per poter effettuare il parallelo sul lato AC e ridurre il numero di cavi di BT da installare nell'impianto, secondo lo schema seguente.

I quadri della Smart ACBox saranno della "Huawei" e/o similare, con funzione di protezione e sezionamento delle linee in BT, anche durante le operazioni di controllo e manutenzione dei moduli.

I vari quadri potranno essere dotati di appositi scaricatori, di elettronica di sorveglianza, connettori RJ45, morsetti per uscita di segnalazione guasti, morsetto nodo equipotenziale e quant'altro necessario per operare in sicurezza.

Su ciascun arrivo dalle rispettive linee saranno previsti sezionatori.



Il quadro di campo dovrà essere a tenuta d'acqua (livello di protezione minimo IP55) per esterno e fabbricato con resina autoestinguente (o in metallo), con pressacavi e chiusura meccanica.

### **Quadro di bassa tensione in corrente alternata**

In ciascuna cabina saranno ubicati i quadri di bassa tensione nel locale "cabina inverter/trafo" in prossimità degli inverter.

Il quadro elettrico avrà una struttura realizzata interamente con lamiera di acciaio zincato a caldo conformi alla norma CEI EN 60439-1.

Le caratteristiche dei quadri di BT saranno definite in fase di progettazione esecutiva, considerando che dovranno rispettare le seguenti indicazioni, indicate nelle norme di riferimento per i quadri elettrici di bassa tensione sono la EN 61439-1 (CEI 17-113) " *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Regole generali*" e la EN 61439-2 (CEI 17-114), " *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 2: Quadri di potenza* ". A queste due norme occorrerà seguire una serie di fascicoli specifici per il tipo di impiego.

La EN 61439-1 (CEI 17-113) si applica ai quadri di bassa tensione, indipendentemente dalla forma e dalla dimensione. Siamo nell'ambito della bassa tensione e dunque la tensione nominale non deve essere superiore a 1000 V in corrente alternata o 1500 V in corrente

continua. Nessun limite, né superiore né inferiore, è invece previsto per la corrente nominale del quadro.

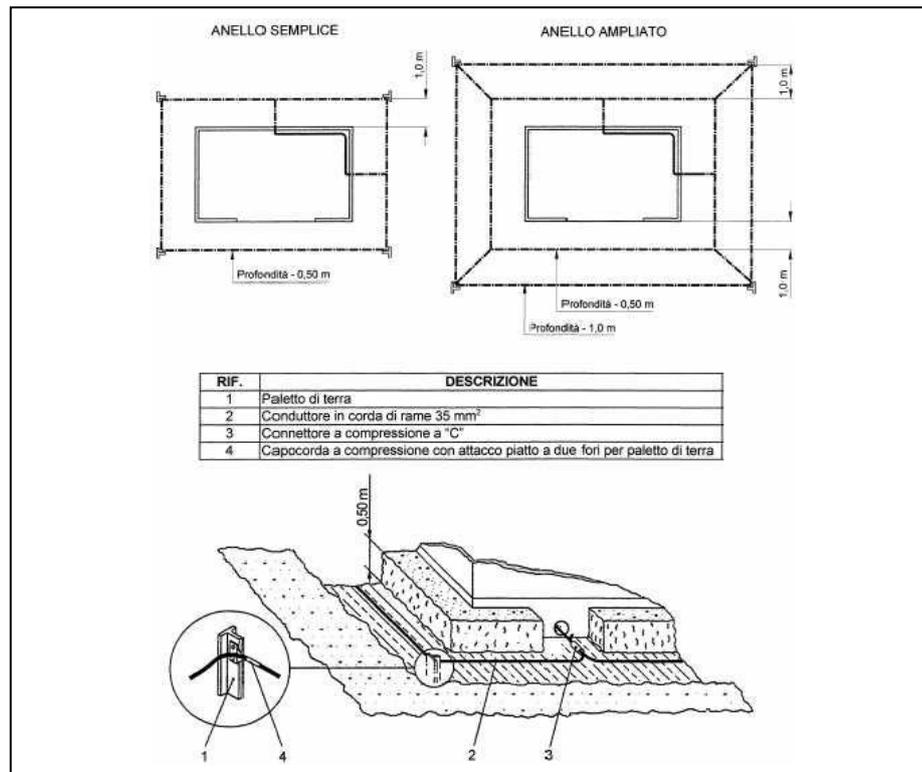
## **Impianto di terra**

L'impianto di terra dell'utente verrà dimensionato in modo che la corrente di guasto a terra non dia luogo a tensioni di passo e contatto superiore ai valori ammissibili indicati nella Norme CEI 99-3 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a." Il dispersore unico, relativo all'impianto di consegna e all'impianto di utenza per la connessione deve essere comune a tutto l'impianto. Il progetto del dispersore deve essere redatto a cura dell'Utente sulla base delle informazioni vincolanti fornite dal Distributore relative alla disposizione delle masse, delle masse estranee, delle apparecchiature, degli edifici e di ogni altro elemento che influenzi le tensioni di contatto e di passo nell'impianto di consegna e nell'impianto di utenza per la connessione. Il dimensionamento del dispersore deve essere effettuato dall'Utente sulla base del valore della corrente di guasto monofase a terra IF e del tempo di eliminazione del guasto.

Il produttore dovrà effettuare una misura delle tensioni di contatto e di passo, secondo le indicazioni contenute nella Norma CEI, tenuto conto della Guida CEI per quanto attiene i valori di UTp. In particolare, è richiesto che le verifiche siano condotte con uno strumento in grado di alimentare il circuito amperometrico con almeno 50 A. Prima dell'attivazione della connessione, l'Utente consegna al Distributore copia della Dichiarazione di Conformità rilasciata dall'installatore (secondo quanto prescritto dal Decreto 22/Marzo/2008, n. 37 e s.m.i.). Tale dichiarazione può riferirsi all'intero impianto elettrico di utenza o essere limitata al solo impianto di terra. A tale dichiarazione deve essere aggiunta la relazione della misura delle tensioni di contatto e di passo (limitatamente all'impianto di utenza), che l'impresa installatrice deve consegnare all'Utente in base a un vincolo contrattuale da inserire esplicitamente negli accordi tra Utente e installatore. Il Distributore ha facoltà di presenziare alle suddette verifiche. Le verifiche periodiche dell'impianto di terra di utenza sono di esclusiva pertinenza dell'Utente, il quale invia al Distributore copia del verbale delle verifiche di legge eseguite ai sensi del DPR 462/01 (e s.m.i.). L'Utente resta esclusivo proprietario e responsabile dispersore unico, anche per la manutenzione, esercizio ed eventuali provvedimenti correttivi che si rendessero necessari per rientrare nei limiti di sicurezza, esclusi quelli dovuti ad ampliamenti o modifiche dell'impianto condotti dal Distributore.

Le cabine MT/BT dispongono di un proprio impianto di terra al quale andranno collegati i centro-stella dei trasformatori ausiliari e le masse metalliche. Il dispersore è realizzato come

in Figura e può essere del tipo ad anello semplice o ad anello ampliato secondo quanto riportato nella Guida per le connessioni alla rete elettrica.



L'impianto di messa a terra sarà costituito da una parte interna di collegamento fra le diverse installazioni elettromeccaniche e da una parte esterna costituita da elementi disperdenti.

In ogni caso l'impianto di messa a terra deve essere tale da assicurare il rispetto dei limiti delle tensioni di passo e di contatto previsti dalla norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2).

I Particolari costruttivi verranno evidenziati nella fase esecutiva della progettazione elettrica.

Il collegamento a terra dei moduli fotovoltaici sarà garantita dal collegamento della cornice dei pannelli che sono collegati meccanicamente ed elettricamente alla intelaiatura, che è collegata a terra tramite barre o calze di rame.

### **Elettrodotta in cavo interrato 30 kV**

All'interno dell'impianto fotovoltaico i collegamenti tra le varie cabine di campo e la cabina di consegna, saranno realizzate in cavo interrato, con tensione di esercizio di 30kV.

L'impianto fotovoltaico è suddiviso in n.5 Campi (CAMPO 1, CAMPO 2, CAMPO 3, CAMPO 4 e CAMPO 5), ciascuno dei quali sarà collegato alla cabina di consegna del parco, in particolare sarà realizzata una linea di collegamento del Campo 5 e Campo 3, collegate in parallelo, mediante cavidotto interrato ad una profondità superiore a 1,30 m, posizionata lungo la viabilità interna perimetrale e collegata alla Cabina di Consegna in prossimità della

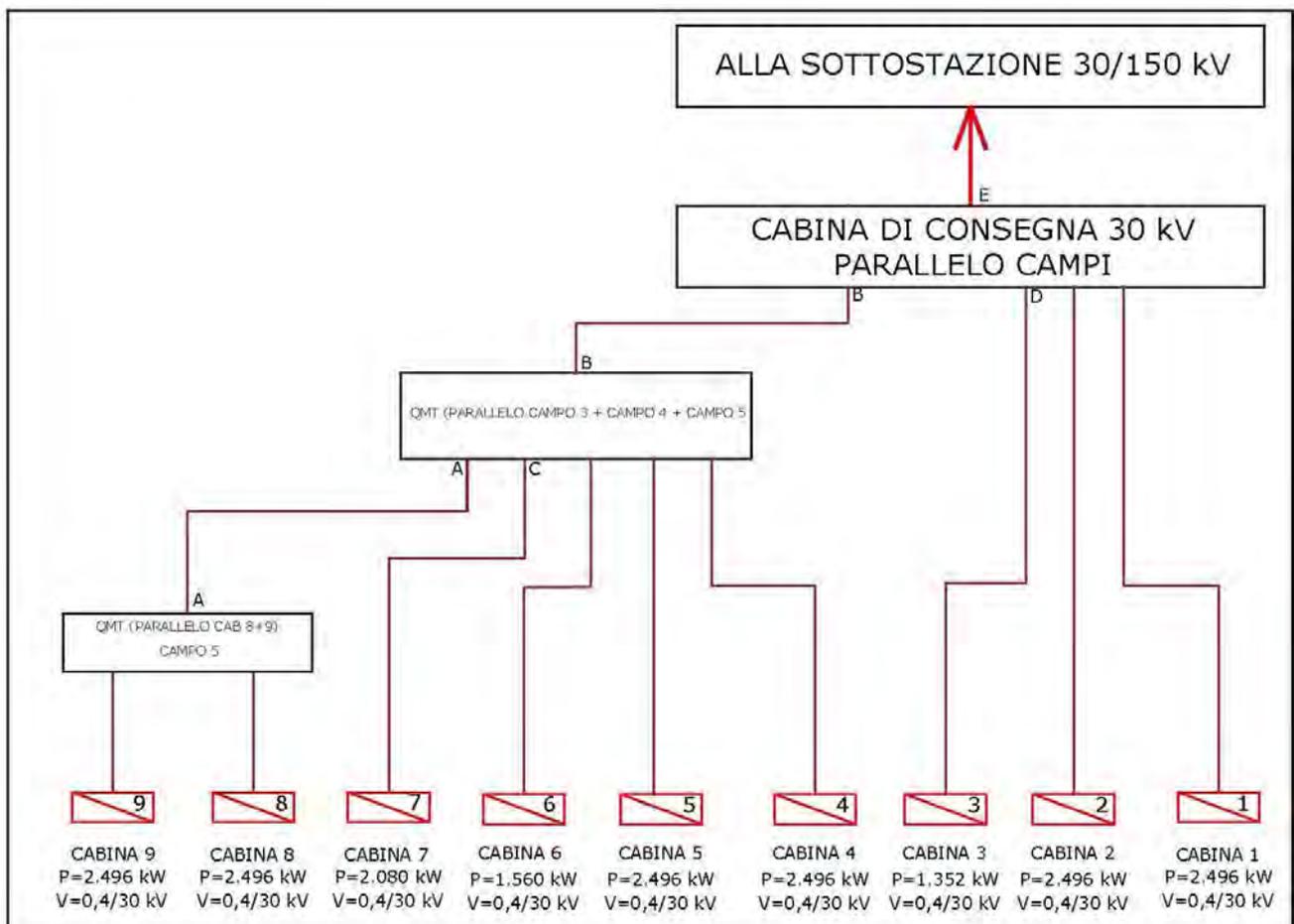
Strada Comunale San Procopio. Nella medesima cabina confluirà anche la linea derivata dal CAMPO 4, sempre interrata, il cui cavidotto sarà posizionato parallelamente alle strade esistenti.

A partire dalla Cabina di Consegna sarà realizzato il collegamento alla Cabina utente che a sua volta sarà collegata alla futura Stazione di Smistamento di Terna SpA.

Sulla base della ripartizione dei campi e delle relative potenze facenti capo ai vari campi, si rileva che con tensione di 30,0 kV la corrente di linea sarà di circa 190 A, in condizioni ottimali di irraggiamento. La sezione utilizzabile per tali linee potrà essere variabile considerando che la massima corrente è legata ad irraggiamento in condizioni ottimali di funzionamento dell'impianto. A partire dalla cabina di consegna la potenza trasferita dall'impianto sarà quella totale con un corrente di linea, in condizione di massimo irraggiamento di circa 390 A, cui deve corrispondere una sezione del cavo adeguata.

La lunghezza di ciascuna linea è legato al percorso stradale scelto.

Nello schema di seguito sono riportati i collegamenti con indicazione dei vari tratti di linea. I collegamenti realizzati in MT sono individuati nel tracciato mediante vari tratti allo scopo di semplificare la rappresentazione schematizzata dei collegamenti dei vari campi in cui è suddiviso il parco fotovoltaico.



In particolare si avrà una sezione della linea di collegamento del CAMPO3 al CAMPO 1, che dovrà trasferire una potenza complessiva dei campi 3, 4 e 5, con l'impiego di un cavidotto interrato con sezione da 240 mmq, in ragione della portata e della lunghezza del cavidotto.

A partire dalla Cabina di Consegna del campo, sarà realizzato il cavidotto di collegamento alla Cabina utente che a sua volta sarà collegata alla futura Stazione di Smistamento di Terna, per la consegna della potenza complessiva dell'impianto di circa 19,968 MW alla tensione di 30 kV ed una sezione del cavidotto di 300 mmq.

La suddivisione del cavidotto in più tratti permetterà l'utilizzo di più sezioni via via crescenti. Complessivamente il cavidotto, sarà interrato ad una profondità media di 1,5 m e seguirà il tracciato riportato nella planimetria (TAV. - A.12.a.20), per una lunghezza complessiva di circa 6.050 m.

La portata che tale cavo dovrà garantire, considerando i 19.968,0 kVA di potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, sarà di circa 390 A, per cui la sezione indicativa più adatta è quella di 300 mmq. Tale valore di corrente è stato calcolato considerando nulle tutte le perdite di conversione, di trasmissione, di collegamento, ed altro, sapendo che il rendimento dell'impianto fotovoltaico è sempre inferiore rispetto al valore nominale di circa il 20%, con una riduzione significativa anche sulla corrente erogata.

Le linee MT, a tensione nominale di 30 kV e frequenza nominale di 50 Hz, con una corrente massima di esercizio variabile in funzione dell'irraggiamento solare, saranno realizzate cercando di minimizzare le perdite di linea e la caduta di tensione, data la potenza da trasportare e la lunghezza della stessa linea.

I cavi utilizzati saranno di tipo ARG7H1(AR)EX unipolare ad elica avvolta ad isolamento solido estruso, con conduttori di alluminio della sezione nominale di 300 mmq; l'isolamento sarà costituito da una miscela a base di polietilene reticolato (XLPE) oppure da una miscela elastomerica reticolata ad alto modulo a base di gomma sintetica (HEPR), rispondente alle norme CEI ed ancora lo schermo elettrico sarà in semiconduttore estruso isolante, lo schermo fisico in alluminio, a nastro, con o senza equalizzatore, e la guaina protettiva in polietilene o PVC.

La portata richiesta di 130 A su ciascun cavo è garantita dalla specifica del cavo ARG7H1EX scelto, la cui massima di 390 A è relativa alla posa a trifoglio nelle condizioni di terreno peggiori.

I cavi interrati, considerando il tipico, sono alloggiati in uno scavo che ha forma rettangolare con larghezza di 0,60 m e altezza (profondità) di 1,40-1,50 metri con interasse minima di 0,20 m; lo strato inferiore, di circa 0,50 m, dove sono posati i cavi elettrici ed anche i due cavi in fibra ottica e/o telefonica per la trasmissione dei dati, è formato da terreno di riporto

miscelato con sabbia vagliata, per ottenere l'ideale resistenza termica, mentre lo strato superiore, di 0,90-1,00 m, è costituito da materiale arido di riempimento ovvero da terreno recuperato dal precedente scavo. In casi particolari, di attraversamento od intersezione con altre condutture interrate, potrà essere adottata una soluzione di alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od anche in tubazioni di PVC o di ferro. Si prevede la realizzazione di giunti ispezionabili, a distanze di circa 500 m, la cui posizione sarà definita in relazione alle interferenze in sottosuolo.

I cavi ARG7H1(AR)EX, nuovi, di tipo Air-bag possono essere posati direttamente in scavo senza letto di sabbia e tegolo di protezione. Per la loro posa è previsto l'utilizzo di un nastro monitor che ne rilevi la posizione per le successive eventuali lavorazioni.

## Caratteristiche tecniche

Le principali caratteristiche tecniche del cavo interrato a 30 kV sono di seguito riportate:

Materiale conduttore "anima"	corda rotonda compatta rame rosso
Materiale isolante	mescola di gomma ad alto moduli G7
Schermo metallico	fili di rame
Guaina esterna	elastomero estruso
Tensione nominale (U <sub>o</sub> /U)	12/20/30 kVe
Frequenza nominale	50 Hz
Temperatura di funzionamento	90°C
Temperatura cortocircuito	250°C
NORME CEI (Principali)	20-13 // 20-35
Sigla	RG7H1R
Tipologia di sezioni utilizzabili	95/ 185/ 240/ 300 /400

## Posa dei cavi di segnalazione

Nello scavo di posa dei cavi a 30 kV saranno interrati, ad una profondità variabile di circa 0,9 -1,3 m, che potrà variare in relazione al tipo di terreno attraversato e al luogo di installazione, i cavi di segnale o fibra ottica, necessari alla trasmissione dei segnali tra le cabine, la cabina di consegna di campo e quella di utenza.

In particolare, per le linee di segnale da installare all'interno dell'impianto fotovoltaico, la profondità potrà essere di 0,9 m, lungo la viabilità interna. Mentre per il collegamento tra le due cabine, esterne all'impianto, la profondità dovrà essere di circa 1,30 m per evitare fenomeni di schiacciamento.

I cavi saranno posati all'interno di un letto di sabbia compatta in cui saranno previsti opportuni nastri di segnalazione. Per incroci e parallelismi con altri servizi (cavi di telecomunicazione, tubazioni ecc) saranno rispettate le distanze previste dalle norme, tenendo conto delle prescrizioni che saranno dettate dagli Enti proprietari delle opere interessate.

## **Norme CEI di riferimento:**

### **Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione**

La progettazione e realizzazione delle linee elettriche deve essere eseguita con riferimento **all'insieme dei principi giuridici e delle norme** che regolano la costruzione degli impianti ed alle norme CEI.

## **Norme CEI**

CEI 0-16 - Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica

CEI - 11-15 Esecuzione di lavori sotto tensione su impianti elettrici di Categoria II e III in corrente alternata

CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo

CEI 11-20 - Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria

CEI 11-20 V1 - Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria

CEI 11-20 V2 - Allegato C. Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori

CEI 11-27 - Lavori su impianti elettrici

CEI 11-35 - Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale

Guida CEI 82-25 - Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione

CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo

CEI EN 61646: Moduli fotovoltaici a film sottile per usi terrestri. Qualificazione del progetto e approvazione di tipo

CEI EN 61730-1: Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici. Prescrizioni per la sicurezza

CEI EN 61730-2: Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici. Prescrizioni per le CEI EN 62108: Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione. Qualifica del progetto e approvazione di tipo

UNI 8477 - Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Valutazione **dell'energia raggiante ricevuta**

UNI 10349 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici

## **Norme cavi elettrici**

CEI 0-2 - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici

CEI 11-17 - Descrive gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo da 1 a 45 kV

CEI 20-13 - Descrive le prescrizioni costruttive, i metodi e i requisiti di prova dei cavi isolati o protetti in R, R16, E, M1, M2, M16, M18, G7, G16, K; per tensioni di esercizio da 1 kV fino a 30 kV per posa fissa e da 1 kV fino a 6 kV per posa mobile.

CEI 20-21 - Descrive le prescrizioni costruttive, i metodi e i requisiti di prova dei cavi isolati in PVC sotto guaina di PVC, per servizio mobile, con tensione di esercizio fino a 450/750

CEI 20-48 - Descrive le prescrizioni generali dei cavi isolati in PVC/XLPE/EPR ad alto modulo per la distribuzione, con tensione di esercizio di 0,6/1 kV

CEI 20-67 - **Descrive la guida all'uso dei cavi elettrici con tensione di esercizio di 0,6/1 kV.**

CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e a 1500 V in c.c

CEI 64-12 - **Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario.**

CEI 64-14 - Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori.

CEI EN 50565-1 (CEI 20-40/1) - **Descrive la guida all'uso dei cavi elettrici, con tensione di esercizio fino a 450/750 V.**

UNEL 35024/1 - Fornisce la portata di corrente in regime permanente in aria per cavi elettrici aventi tensione di esercizio fino a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.

UNEL 35026 - Fornisce la portata di corrente in regime permanente per posa interrata dei cavi elettrici aventi tensione di esercizio fino a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c

UNEL 35027 - Fornisce la portata di corrente in regime permanente per posa in aria e interrata dei cavi elettrici di media tensione

## **Compatibilità elettromagnetica**

### **Norme CEI EN 61000 relative alla Parte 4 – Tecniche di prova e misura:**

CEI EN 61000-4-1 Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-1: Metodi per la prova dei dispositivi di protezione sollecitati da disturbi condotti di tipo HEMP

CEI EN 61000-4-2 Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-2: Prove di immunità a scariche di elettricità statica (Apr 1, 2011)

CEI EN 61000-4-3 Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-3: Prova d'immunità ai campi elettromagnetici a radiofrequenza irradiati (Apr 1, 2007, Jan 1, 2009 e Jan 1, 2011)

CEI EN 61000-4-3 Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-3: Tecniche di prova e di misura Prove di immunità ai buchi di tensione, alle brevi interruzioni e alle variazioni di tensione sulle porte di alimentazione a tensione continua

CEI EN 61000-4-4 Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-4: Tecniche di prova e di misura - Prova di immunità a transitori/raffiche di impulsi elettrici veloci (Jul 1, 2013)

CEI EN 50263 (95-9) – Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione.

• **CEI EN 55022 Apparecchi per la tecnologia dell'informazione** - Caratteristiche di radiodisturbo - Limiti e metodi di misura (Feb 1, 2014)

• **CEI EN 55024 e /A1 Apparecchiature per la tecnologia dell'informazione** - Caratteristiche di immunità - Limiti e metodi di misura (Dec 1, 2013 e Oct 1, 2016)

• **CEI EN 50561-1 Apparecchiature per comunicazione su linee di alimentazione "PLC" utilizzate in installazioni a bassa tensione** - Caratteristiche di radiodisturbo - Limiti e metodi di misura Parte 1: Apparecchiature per uso domestico (Aug 1, 2014)

• **CEI EN 62041 Sicurezza dei trasformatori, dei reattori, delle unità di alimentazione e loro combinazioni** - Prescrizioni EMC (Apr 1, 2012)

• **CEI EN 62135-2 Apparecchiatura per la saldatura a resistenza Parte 2: Prescrizioni per la compatibilità elettromagnetica (EMC)** (Oct 1, 2015) Apparecchi per la tecnologia dell'informazione - Caratteristiche di radiodisturbo - Limiti e metodi di misura

## **Leggi e Norme sulla sicurezza degli impianti**

Testo Unico di Leggi sulle Acque e sugli Impianti Elettrici (R.D. n. 1775 del 11/12/1933);

Norme per l'esecuzione delle linee aeree esterne (R.D. n. 1969 del 25/11/1940) e successivi aggiornamenti (D.P.R. n. 1062 del 21/6/1968 e D.M. n. 449 del 21/3/1988);

"Approvazione delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" (D.M. n. 449 del 21/03/1988);

"Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne" (D.M. 16/01/1991) e successivi aggiornamenti (D.M. 05/08/1998);

Codice Civile (relativamente alla stipula degli atti di costituzione di servitù);

"Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz)" (D.P.C.M del 8/07/2003);

Codice della strada (D.Lgs. n. 285/92) e successive modificazioni;

Per quanto riguarda, invece, l'attività di costruzione delle cabine elettriche, essa è subordinata all'ottenimento della concessione (o autorizzazione) edilizia, ed al rispetto delle seguenti norme di legge:

- "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" e successive modificazioni (Legge n. 1086 del 5/11/1971);
- "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" e successive modificazioni - Legge n. 64 del 2/02/1974;
- "Edificabilità dei suoli" (Legge n. 10 del 28/01/1977);
- "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" (D.P.R. n. 495 del 16/12/1992);
- "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" (D.M. 24.11.1984 e s.m.i.);
- "Norme di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione stradale di gas naturale per autotrazione (D.M. 24.5.2002);
- "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di G.P.L. in serbatoi fissi di capacità complessiva superiore a 5 m<sup>3</sup> e/o in recipienti mobili di capacità complessiva superiore a 5000 kg (D.M. 13.10.1994);