

REGIONE BASILICATA

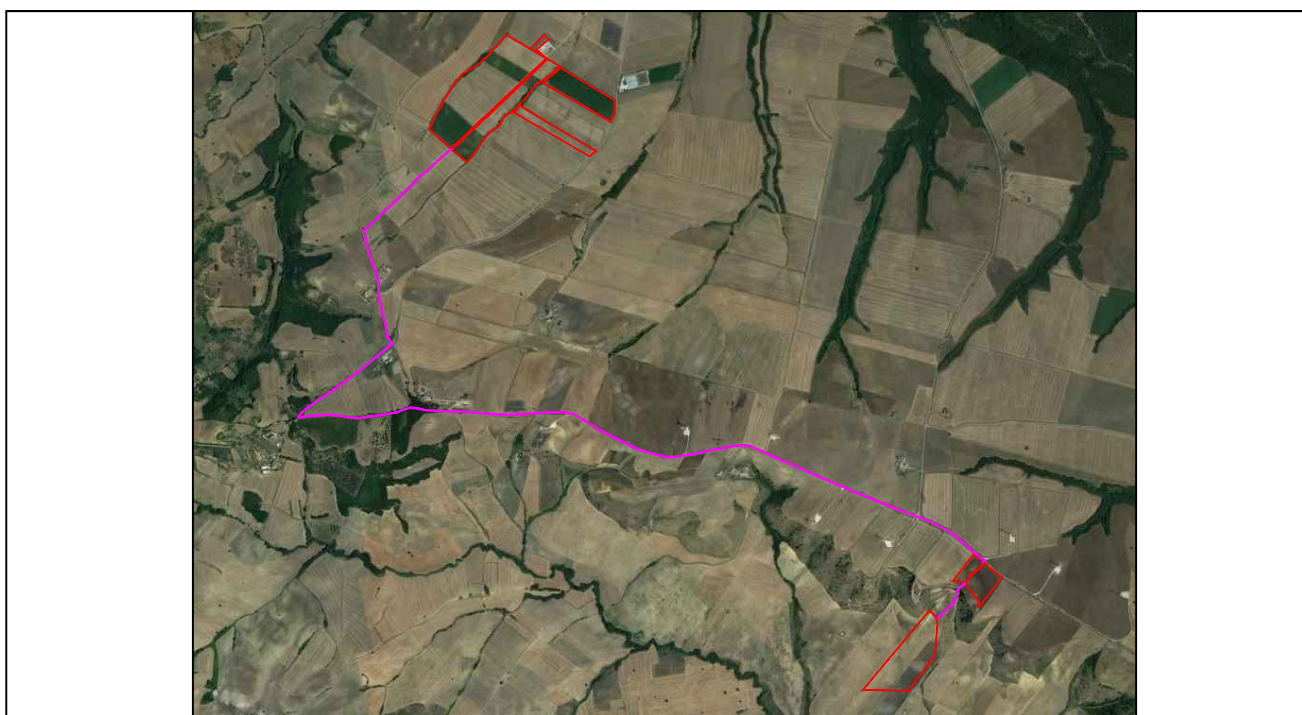


COMUNE DI PALAZZO SAN GERVASIO

PROVINCIA DI POTENZA

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO AD INSEGUIMENTO SOLARE CON SISTEMA DI ACCUMULO
DA REALIZZARSI IN C.da "CASALINI" DEL COMUNE DI PALAZZO SAN GERVASIO



ELABORATO:

A. 11

SCALA:

DATA:

novembre 2021

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E

PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

COMMITTENTE:

Soc. PSG ENERGY s.r.l.

PROGETTISTI:

ING. SAVINO VERTULLI

COLLABORATORI:

MARIAFRANCESCA VERTULLI



INDICE

A.11.A DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI

A.11.a.1 Generalità

A.11.B CARATTERISTICHE TECNICHE DEI COMPONENTI

A.11.b.1 Moduli fotovoltaici

A.11.b.2 Convertitori di potenza

A.11.b.3 Trasformatore

A.11.b.4 Struttura di support - tracher

A.11.b.5 Cavi e quadri di campo

A.11.b.6 Quadro MT

A.11.b.7 Elettrodotto in cavo interrato a 30 kV

A.11.C SICUREZZA ELETTRICA

A.11.c.1 Protezione dalle sovracorrenti

A.11.c.2 Protezione contro i contatti diretti

A.11.c.3 Protezione contro i contatti indiretti

A.11.D COLLEGAMENTO ALLA RETE TRASMISSIONE NAZIONALE

A.11.d.1 Dispositivo di interfaccia e collegamento alla rete

A.11.d.2 Dispositivo del generatore

A.11.d.3 Gruppi di misura

A.11.E SCHEMA DI COLLEGAMENTO

A.11.F OPERE CIVILI

A.11.f.1 Strutture di supporto dei moduli - tracher

A.11.f.2 Cabine elettriche

A.11.G GESTIONE IMPIANTO

A.11.H STAZIONE UTENZA

A.11.h.1 Opere civili

A.11.I SISTEMA DI ACCUMULO

A.11.A DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E STRUTTURALI

A.11.a.1 Generalità

L'impianto fotovoltaico di progetto sorgerà in località contrada "Casalini" del comune di Palazzo San Gervasio (PZ), in planimetria l'impianto insiste su due aree distinte individuate in planimetria come Campo 1 e Campo 2, avente una estensione complessiva di circa **59.10.00 ettari**, con potenza complessiva dell'impianto pari a 19,968 MWp, ottenuta mediante la installazione di pannelli fotovoltaici della potenza unitaria di 400Wp (per un totale di 49.920 pannelli), suddivisa in 11 sezioni costituite da sottocampi con Potenza variabile.

Il **Parco Fotovoltaico** è costituito dal Campo 1 e dal Campo 2, entrambi ricadenti nel comune di Palazzo San Gervasio, come di seguito riportato.

Il **Campo 1** è ubicato in contrada "*Casalini*" del comune di Palazzo San Gervasio (PZ) su cinque aree limitrofe, Campo 1A, Campo 1B, Campo 1C, Campo 1D e Campo 1E, che presentano una pendenza media del 0.5-1.0 % sul versante Nord-Ovest.

L'area interessata, presenta le seguenti coordinate geografiche: Lat: 40°53'22,77" N, Long: 15°55'7,90" E, area indicata nella planimetria georeferenziata.

Il **Campo 2** è ubicato in contrada "**San Procopio**" del comune di Palazzo San Gervasio, è stato suddiviso in tre aree: Campo 2A, Campo 2B e Campo 2C, che presentano una pendenza media del 0.5-5.0 % sul versante Sud.

L'area interessata, presenta le seguenti coordinate geografiche: Lat: 40°51'35,85" N, Long: 15°57'0,69" E, area indicata nella planimetria georeferenziata.

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.

Per quanto riguarda gli aspetti riguardanti il cavidotto di collegamento, il tipo di collegamento e i relativi tracciati, si rimanda alla tavola specifica Tav. A.12.a.20.

Mentre per l'indicazione sul tipo di collegamento e sulle soluzioni tecniche previste per la gestione dell'impianto fotovoltaico, nelle tavole Tav. A.12.b.1 e Tav. A.12.b.2, sono indicate tali soluzioni.

A.11.B CARATTERISTICHE TECNICHE DEI COMPONENTI

A.11.b.1 Moduli 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/m², 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.

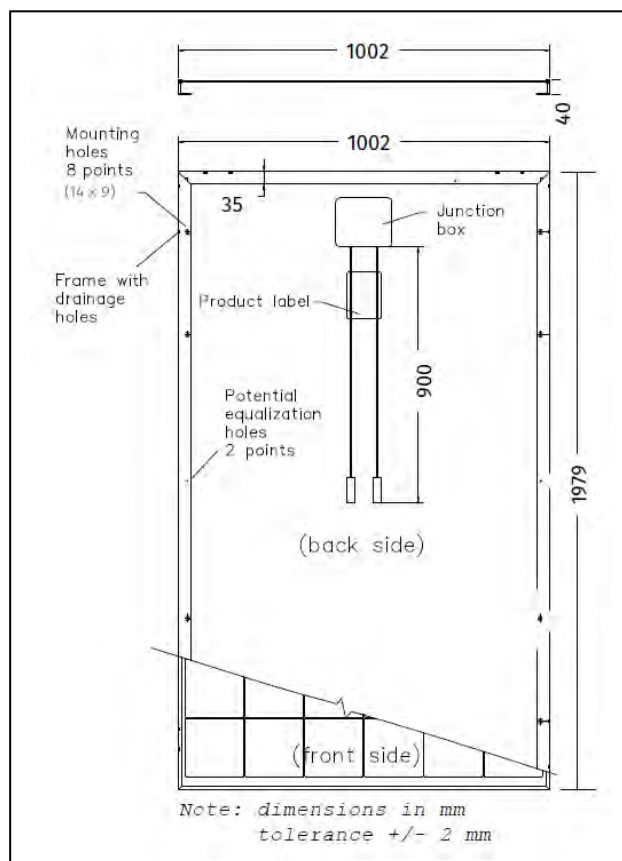
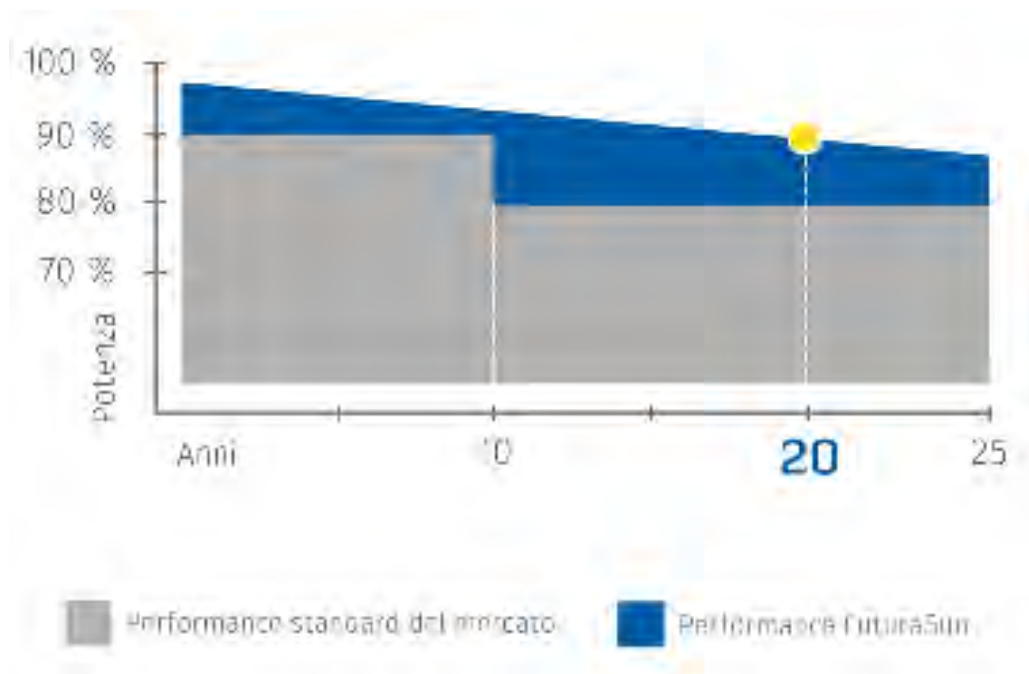


Figura 1 – Modulo fotovoltaico

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	400 W
Efficienza	20,17
Decadimento	0,2% annuo
Garanzia sul prodotto	25 anni.
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 ²
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.

A.11.b.2 Convertitori di potenza

La conversione della corrente da continua in alternata sarà realizzata mediante dei gruppi statici trifase (inverter) della Huawei, della potenza di 104 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.

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 c.c. in c.a. 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.

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).

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.

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.

Ogni inverter avrà una potenza complessiva nominale di 105,0 kWp, valore raggiungibile attraverso il collegamento di stringhe ai 12 ingressi (+ e -), che fanno capo a n.6 inseguitori indipendenti, aventi la funzione di ottimizzare, mediante un algoritmo interno, la produzione di energia da ciascun ingresso, attraverso l'algoritmo interno (MPPT).

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.

Di seguito sono riportati i parametri tecnici dell'inverter rilevati dalla scheda tecnica fornita dal costruttore.

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

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



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.

A.11.b.3 Trasformatore

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) utilizzato per elevare 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

A.11.b.4 Struttura di support - tracker

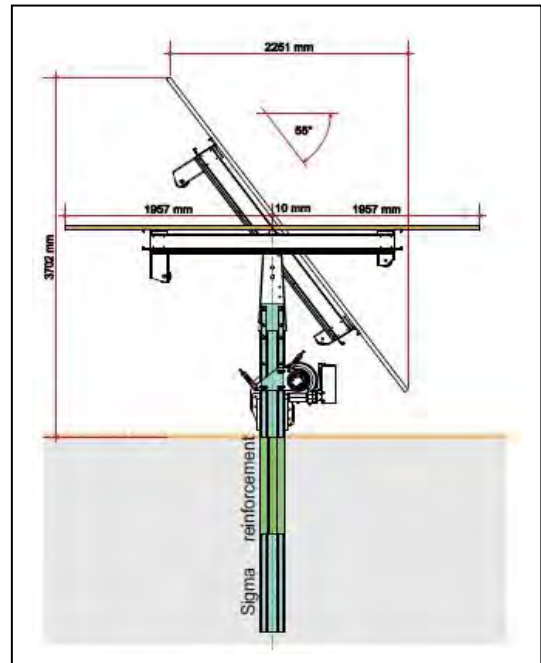
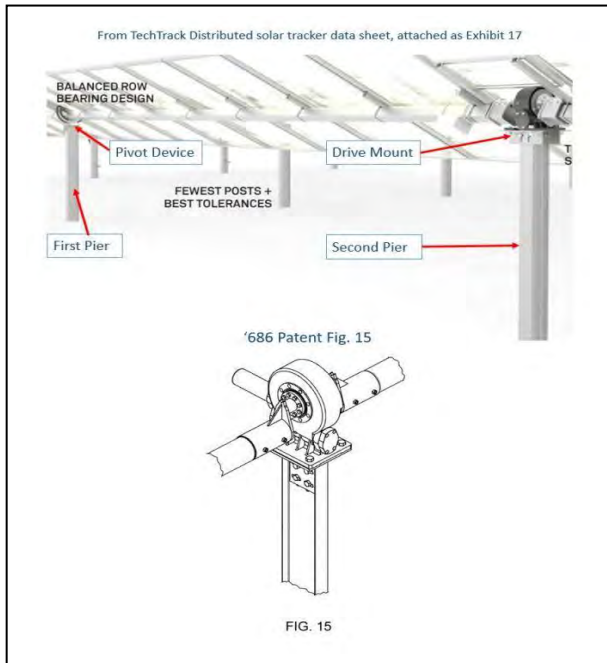
La struttura di sostegno delle vele sarà realizzata mediante l'utilizzo di tracker motorizzati monoassiali, su cui saranno alloggiati i pannelli fotovoltaici, sostenuti da una intelaiatura di profili in acciaio zincato a caldo. La struttura di sostegno della vela sarà realizzata con montanti in acciaio infissi nel terreno ad una profondità variabile tra 1,5 e 2,0 m, secondo le caratteristiche geomorfologiche del terreno, con quota variabile rispetto al piano di campagna, su una inclinazione del terreno compresa tra 0,0 m a 1,0 m, lungo la linea di movimentazione, avente una lunghezza di 13 m, sorretta da n.3 montanti in acciaio. La scelta della profondità di infissione nel terreno sarà anche definita in seguito alle verifiche di tenuta allo sfilaggio.

Il palo di sostegno dei tracker, su cui saranno montati i pannelli, potranno avere un'altezza variabile, funzionale ad adattarsi ad una pendenza del terreno che varia nell'ordine del 5%. La movimentazione del tracker avrà il compito di predisporre la inclinazione della stringa sempre nella direzione della radiazione solare, in relazione al movimento che il tracker potrà disegnare nel suo movimento "basculante", in modo da poter ottimizzare la quantità di radiazione incidente captata dalla vela.

Il movimento circolare che potrà avere una altezza variabile da 0,50 m e una massima di 3,50 m rispetto al piano di campagna, sempre in funzione delle diverse pendenze presenti sul terreno.

Il sistema di movimentazione sarà gestito mediante un automatismo costituito da anemometri, in grado di valutare la ventosità e un sistema di captazione della radiazione luminosa, solarimetro, avente la funzione di orientare il sistema nella direzione della radiazione incidente. Il sistema potrà avere una programmazione annuale realizzata mediante orologio astronomico, in grado di descrivere giornalmente la traiettoria del sole e, come conseguenza, la movimentazione del tracker.

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.



A.11.b.5 Cavi e quadri di campo

Poiché l’impianto sarà realizzato da tracker della potenza di 10,4kWp, 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.

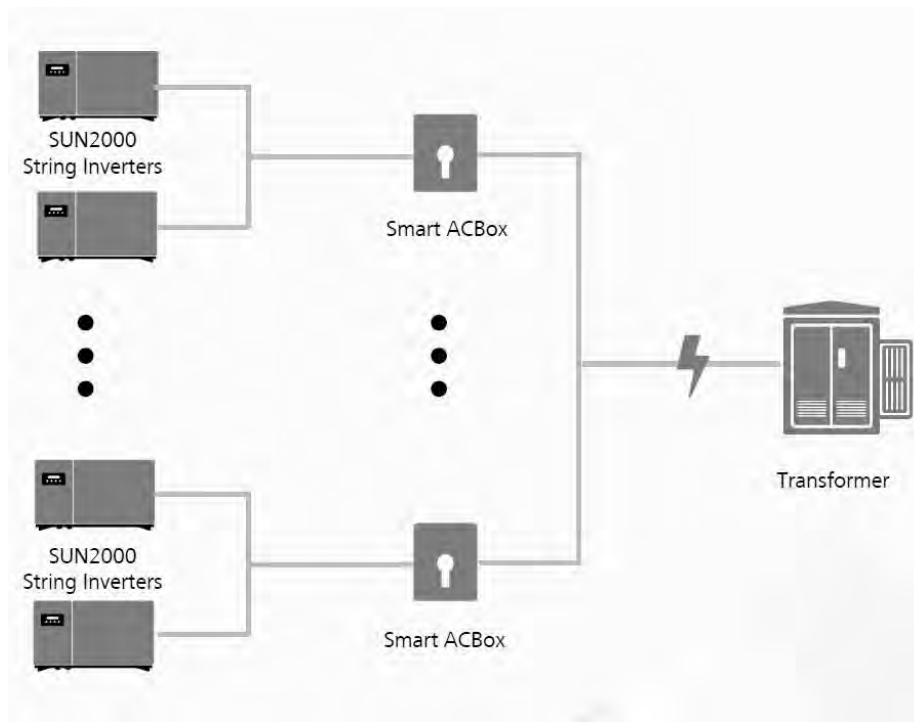
Tale soluzione permette il controllo da rete del funzionamento delle varie stringhe, permettendo il monitoraggio oltre alla possibilità offerta dal sistema Smart Control della trasmissione dei valori di lettura rilevati per ogni singola stringa.

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.

A.11.b.6 Quadro MT

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 ciascuna cabina di trasformazione per una potenza variabile da 0,40,0 a 2,50 MWp/cadauna in funzione della estensione del campo e della potenza installata, fino alle cabine di raccolta di ciascun campo componente il parco fotovoltaico, posizionate in prossimità dei punti di accesso all'impianto. Quindi da ciascuna di queste cabine sarà derivata la linea di collegamento alla cabina di consegna da cui partirà il cavidotto unico per la consegna del Produttore alla stazione primaria RTN 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.

In ciascuna delle cabine di consegna, poste all'ingresso di ciascun Campo Fotovoltaico, saranno ubicati i quadri di sezionamento e di protezione dei vari campi.

Per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico, sono previste complessivamente n. aree-sezioni ciascuna costituita da n. 1 cabine di campo. A ciascuna sezione faranno capo i vari sistemi di conversione o sotto-campi, in cui è suddiviso l'impianto fotovoltaico. Per ciascuna sezione sarà presente n. 1 trasformatore con potenza variabile da 400 a 2.500 kVA, in base alla potenza installata nel corrispondente campo. A ciascuna cabina, che potrà essere realizzata in container attrezzato o

cabina prefabbricata, 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, 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.

A.11.b.7 Elettrodotta in cavo interrato a 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. Ciascuna sezione di impianto, costituita da n. 1 cabina da 400 a 2500 kVA che sarà collegata in parallelo, mediante cavidotto interrato ad una profondità superiore al 1,10 m, lungo la viabilità interna del campo, alla cabina di raccolta principale. Ciascuna linea deve trasferire una potenza nominale variabile per ciascun sottocampo, prodotta da ciascun trasformatore alla tensione di 30,0 kV ed una corrente di linea pari a circa 50 A, in condizioni ottimali di irraggiamento. La sezione utilizzabile per tali linee potrà essere 150,0 mmq per le cabine più vicine e di 240,0 mmq per quelle più distanti.

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

In cabina di smistamento giungeranno i cavidotti di collegamento delle cabine di campo, una volta sezionati e protetti in cabina di raccolta, dovranno collegare le stazioni del CAMPO 1 e del CAMPO 2 con la cabina utente .

La Cabina di Smistamento, ubicata nell'area E del Campo 1, è collegata alla cabina utente del Produttore, per la trasformazione MT/AAT della tensione da 30 a 150 kV mediante trasformatore elevatore, dalla quale sarà derivata la linea di collegamento in antenna a 150 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento a 150 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea 150 Kv “Genzano – Palazzo San Gervasio - Forenza Maschito”, per una lunghezza di circa **274,0 metri**.

La portata che tale cavo dovrà garantire, considerando i 19.968,0 kVA di potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, sarà data 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, alla tensione nominale di 30 kV e alla 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 380 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'idonea 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 _o /U)	12/20/30 kV
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

Nello scavo di posa dei cavi a 30 kV saranno interrati, ad una profondità variabile di circa 1,5 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 1,0 m, lungo la viabilità interna. Mentre per il collegamento tra le due cabine, esterne all’impianto, la profondità dovrà essere di circa 1,50 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.

A.11.C SICUREZZA ELETTRICA

A.11.c.1 Protezione dalle sovracorrenti

La protezione contro le sovracorrenti sarà assicurata secondo le prescrizioni della Norma CEI 64-8. In particolare sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_{cc}^2 t \leq K^2 S^2$$

Dove:

I_b = corrente di impiego del cavo

I_n = corrente nominale dell'interruttore

I_z = portata del cavo

I_{cc} = corrente di cortocircuito

t = tempo di intervento dell'interruttore

K = coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo S = sezione del cavo

A.11.c.2 Protezione contro i contatti diretti

Le varie sezioni dell'impianto sono costituite da sistemi di Categoria I. La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

A.11.c.3 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

- messa a terra delle masse e delle masse estranee;
- scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8.
- ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in tabella I:

$$Z_S \times I_a \leq U_0$$

Dove:

Z_S è l'impedenza dell'anello di guasto comprensiva dell'impedenza di linea e dell'impedenza della sorgente

I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione in Ampere, secondo le prescrizioni della norma 64-8/4; quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, la I_a è la corrente differenziale $I_{\Delta n}$.

U_0 tensione nominale in c.a. (valore efficace della tensione fase – terra) in Volt

Tab. I Tempi massimi di interruzione per sistemi TN

U₀(V)	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantito dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità ogni inverter sarà munito di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

A.11.D COLLEGAMENTO ALLA RETE TRASMISSIONE NAZIONALE

I criteri e le modalità per la connessione alla RTN saranno conformi a quanto prescritto dalle normative CEI 11-20, CEI 0-16, CEI 82-25 e dalle prescrizioni TERNA (TICA), per clienti produttori dotati di generatori che entrano in parallelo continuativo con la rete elettrica.

L'impianto fotovoltaico di progetto da realizzare alla località "Casalini" del comune di Palazzo San Gervasio (PZ) sarà collegato mediante una nuova 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.

La cabina utente del Produttore verrà realizzata in prossimità della 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" su una superficie di circa 1.000 m² ricadente catastalmente nelle p.lle 168 e 294 del foglio 27 e nella p.lla 59 del foglio 23, del comune di Palazzo San Gervasio,

nella quale sarà presente una sezione di arrivo a 30kV, quindi un trasformatore elevatore, e tutte le protezioni della sezione di linea a 150 kV con sviluppo in aria.

L'impianto sarà equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su tre livelli: dispositivo generale; dispositivo di interfaccia; dispositivo del generatore. Al dispositivo generale ed interfaccia non può essere infatti associata anche la funzione di dispositivo di generatore (in pratica fra la generazione e la rete TERNA saranno sempre presenti interruttori in serie tra loro).

Il dispositivo del generatore sarà costituito da un interruttore in esecuzione estraibile con sganciatore di apertura oppure interruttore con sganciatore di apertura e sezionatore da installare a valle del trasformatore di utenza.

A.11.d.1 Dispositivo di interfaccia e collegamento alla rete

Il dispositivo di interfaccia (DI) determina la sconnessione dell'impianto di generazione in caso di mancanza di tensione sulla rete di trasmissione nazionale.

La protezione di interfaccia, agendo sull'omonimo dispositivo, sconnette l'impianto di produzione dalla rete TERNA evitando che:

- in caso di mancanza dell'alimentazione TERNA, il Cliente Produttore possa alimentare la rete TERNA stessa;
- in caso di guasto sulla rete TERNA, il Cliente Produttore possa continuare ad alimentare il guasto stesso inficiando l'efficacia delle richiuse automatiche, ovvero che l'impianto di produzione possa alimentare i guasti sulla rete TERNA prolungandone il tempo di estinzione e pregiudicando l'eliminazione del guasto stesso con possibili conseguenze sulla sicurezza;
- in caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori TERNA, il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete TERNA con possibilità di rotture meccaniche.

Le protezioni di interfaccia sono costituite essenzialmente da relé di frequenza, di tensione ed, eventualmente, di massima tensione omopolare

PROTEZIONE
Massima tensione
Minima tensione
Massima frequenza
Minima frequenza
Massima tensione omopolare V_0
Tensione direzionale di terra 67N

Per la sicurezza dell'esercizio della rete di Trasmissione Nazionale è prevista la realizzazione di un rinalzo alla mancata apertura del dispositivo d'interfaccia.

Il rinalzo consiste nel riportare il comando di scatto, emesso dalla protezione di interfaccia, ad un altro organo di manovra. Esso è costituito da un circuito a lancio di tensione, condizionato dalla posizione di chiuso del dispositivo di interfaccia, con temporizzazione ritardata a 0.5 s, che agirà sul dispositivo di protezione lato MT del trasformatore di utenza. Il temporizzatore sarà attivato dal circuito di scatto della protezione di interfaccia. In caso di mancata apertura di uno degli stalli di produzione il Dispositivo di Interfaccia comanda l'apertura del Dispositivo Generale che distacca l'impianto fotovoltaico dalla rete di TERNA, contestualmente a questa situazione tutti i Servizi Ausiliari rimangono alimentati dall'UPS.

A.11.d.2 Dispositivo del generatore

Il dispositivo del generatore è costituito da (interruttore o contattore) installato a valle dei terminali di ciascun generatore dell'impianto di produzione. In condizioni di "aperto", il dispositivo del generatore separa il gruppo dal resto dell'impianto.

A.11.d.3 Gruppi di misura

In un impianto fotovoltaico collegato in parallelo con la rete è necessario misurare:

- L'energia prelevata/immessa in rete;
- L'energia fotovoltaica prodotta.

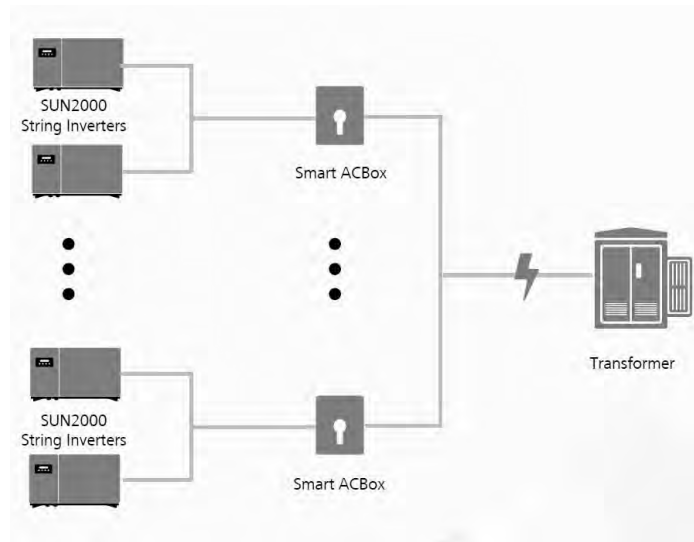
L'impianto fotovoltaico in esame essendo costituito da 7 aree-campi, con n.11 cabine di campo, avrà venti gruppi di misura dell'energia prodotta, entrambi collocati il più vicino possibile all'inverter. Il gruppo di misura, ad inserzione indiretta con TA e TV, dell'energia prelevata/immessa in rete sarà ubicato nel locale misure della cabina di consegna a valle del Dispositivo Generale.

I sistemi di misura dell'energia elettrica saranno in grado di rilevare, registrare e trasmettere dati di lettura, per ciascuna ora, dell'energia elettrica immessa/prelevata o prodotta in rete nel punto di installazione del contatore stesso.

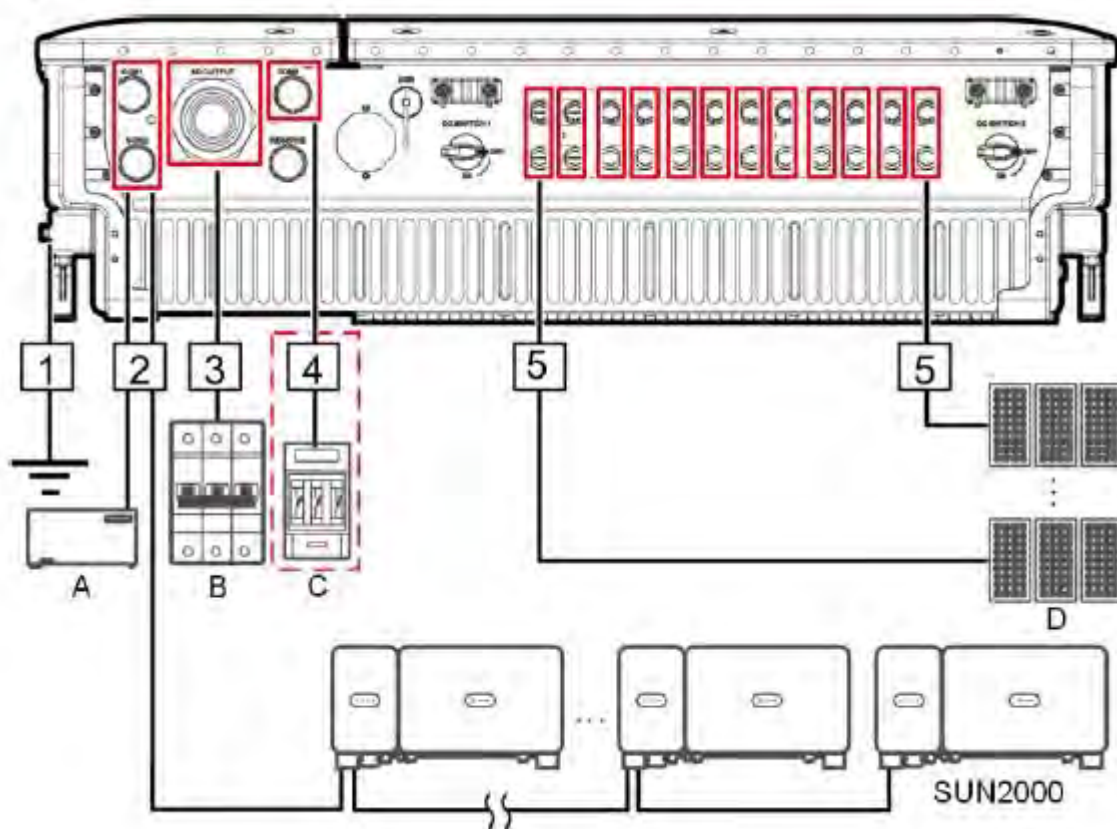
I sistemi di misura saranno conformi alle disposizioni dell'Autorità dell'energia elettrica e il gas e alle norme CEI, in particolare saranno dotati di sistemi meccanici di sigillatura che garantiranno manomissioni o alterazioni dei dati di misura.

A.11.E SCHEMA DI COLLEGAMENTO

La configurazione utilizzata per il collegamento dei moduli, compatibile con le caratteristiche dei componenti riassunte nei precedenti paragrafi, è riportata nello schema seguente.



E' anche già predisposto per il collegamento in rete, mediante porta dedicata, in grado di trasmettere sia i parametri di corretto funzionamento, di anomalie, di guasto ma, soprattutto quelli di monitoraggio della produzione.



A.11.F OPERE CIVILI

A.11.f.1 Strutture di supporto dei moduli - tracker

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

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

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 1,0 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 successiva. La scelta della profondità di infissione nel terreno sarà anche definita in seguito alle verifiche di tenuta allo sfilaggio.

La disposizione delle stesse vele dovrà tener conto della distanza di ombreggiamento tra le diverse file di pannelli e della leggera pendenza del terreno. Inoltre, per ottimizzare ingombri e distanze, si farà in modo che la viabilità interna ed i canali di raccolta delle acque superficiali e di scolo siano realizzati in modo da favorire l'interdistanza e limitare zone di ombra tra le diverse file di pannelli.

Per tener conto della pendenza media del terreno rispetto a cui sarà rapportata la distanza di posa in fase di realizzazione dell'opera, si potrà procedere attraverso correzioni sia sull'orientamento che sulla quota rispetto al piano di campagna.

Il palo di sostegno dei tracker, su cui saranno montati i pannelli, potranno avere un'altezza variabile, funzionale ad adattarsi ad una pendenza del terreno che varia nell'ordine del 8%. La movimentazione del tracker avrà il compito di predisporre la inclinazione della stringa sempre nella direzione della radiazione solare, in relazione al movimento che il tracker potrà disegnare nel suo movimento "basculante", in modo da poter ottimizzare la quantità di radiazione incidente captante

dalla vela, andando a disegnare un movimento circolare che potrà avere una altezza variabile da 0,50 m e una massima di 3,50 m rispetto al piano di campagna, sempre in funzione delle diverse pendenze presenti sul terreno.

Il sistema di movimentazione sarà gestito mediante un automatismo costituito da anemometri, in grado di valutare la ventosità e un sistema di captazione della radiazione luminosa, solarimetro, avente la funzione di orientare il sistema nella direzione della radiazione incidente. Il sistema potrà avere una programmazione annuale realizzata mediante orologio astronomico, in grado di descrivere giornalmente la traiettoria del sole e di, come conseguenza la movimentazione del tracker.

Il sistema di sostegno 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, c.c. 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 $+55^\circ$ 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 $+55^\circ$ 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 boccola 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.

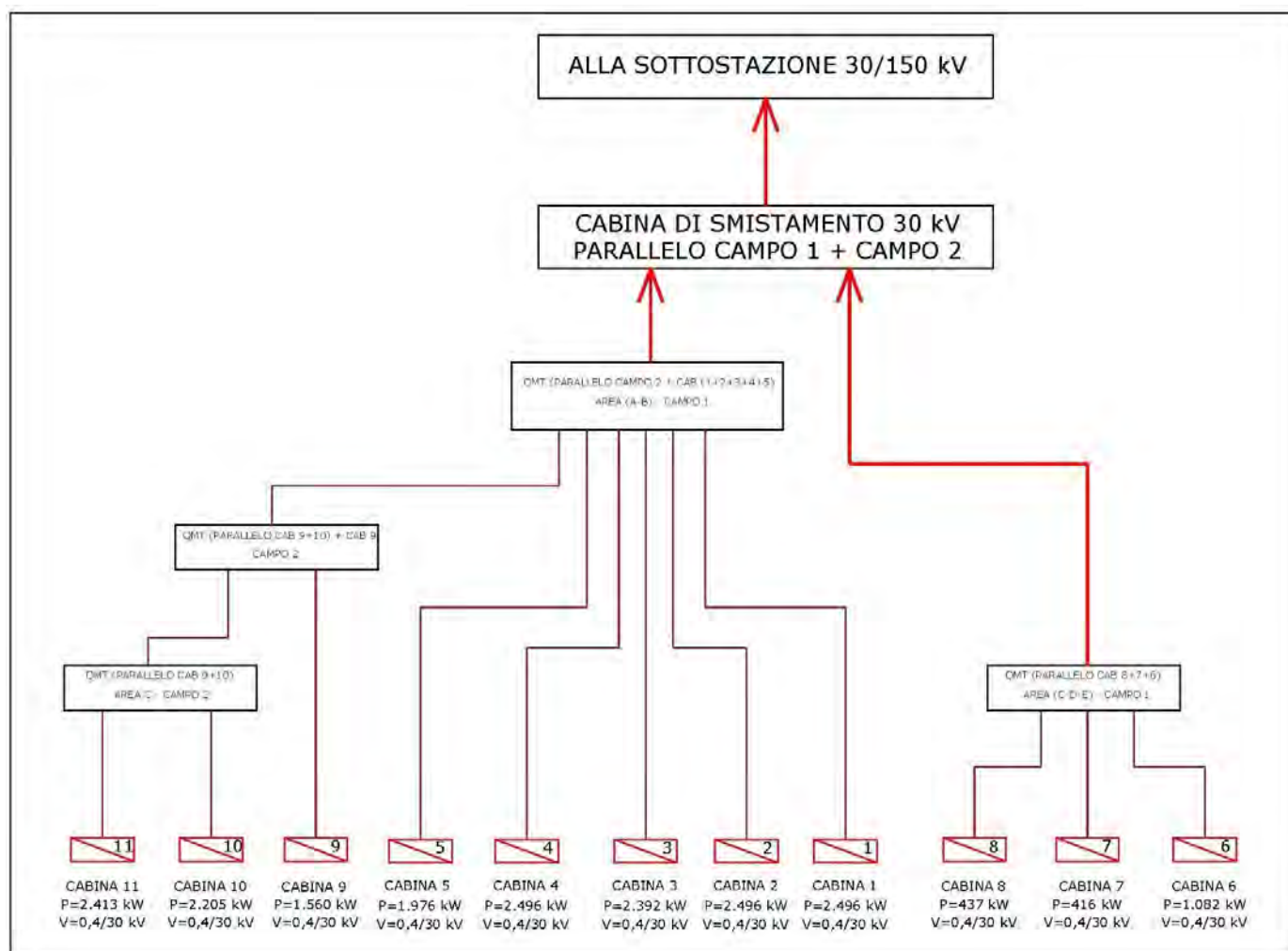
Il periodo di vibrazione naturale dell'intera struttura del tracker è inferiore a 1 secondo, quindi il comportamento della struttura può essere classificato "rigido" per quanto riguarda il calcolo.

A.11.f.2 Cabine elettriche

L'impianto sarà costituito da numero 7 aree-sezioni, suddivise in 11 sottocampi variabili da 0,4 a 2,5 MW. Ciascun sottocampo sarà costituito da n. 1 trasformatore con potenza definita in funzione del numero di pannelli fotovoltaici installati sull'area disponibile, che potrà variare dai 400kVA a 2500 kVA come riportato nella seguente tabella riassuntiva. In figura è riportata la suddivisione delle varie sezioni in cui verrà diviso l'impianto per ragioni di gestione e monitoraggio. La suddivisione è stata fatta per ragioni orografiche simili e per ridurre al minimo il sistema di cablaggio, inserendo baricentricamente le cabine di campo.

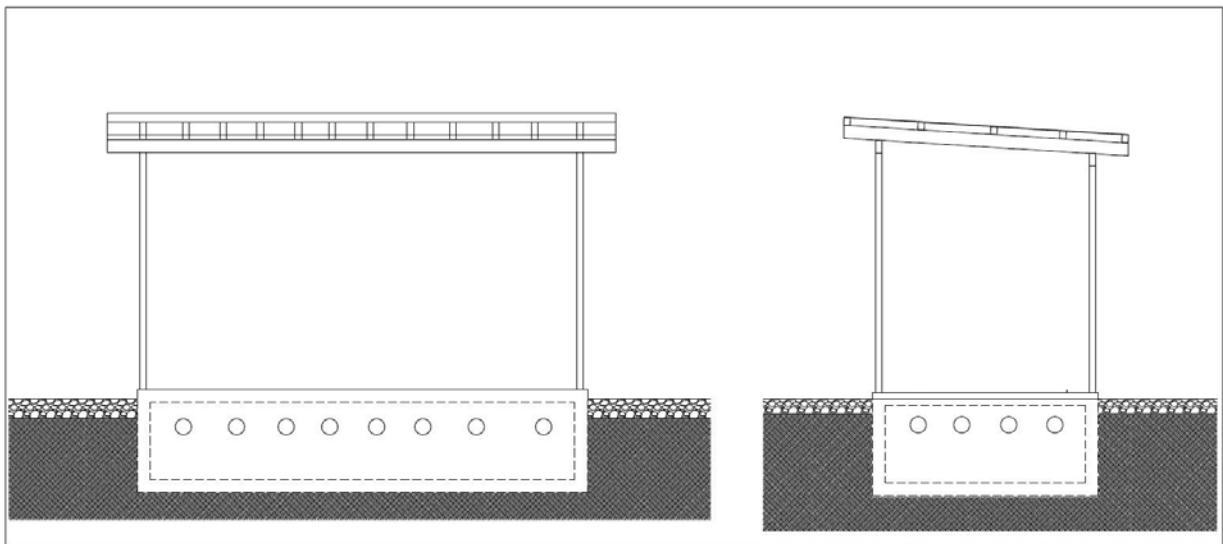
IMPIANTO FOTOVOLTAICO	CAMPO 1										CAMPO 2	
	AREA	AREA A				AREA B	AREA C	AREA D	AREA E	AREA A+B	AREA C	
	TOTALE	Cabina 1	Cabina 2	Cabina 3	Cabina 4	Cabina 5	Cabina 6	Cabina 7	Cabina 8	Cabina 9	Cabina 10	Cabina 11
Tracker	1.920	240	240	230	240	190	104	40	42	150	212	232
Moduli ogni tracker		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Totale Moduli	49.920	6.240	6.240	5.980	6.240	4.940	2.704	1.040	1.092	3.900	5.512	6.032
Potenza di Picco Modulo	400 Wp	400 Wp	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	2.392 kWp	2.496 kWp	1.976 kWp	1.082 kWp	416 kWp	437 kWp	1.560 kWp	2.205 kWp	2.413 kWp

Secondo il seguente schema di collegamento:



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.

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 raffreddamento.



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.

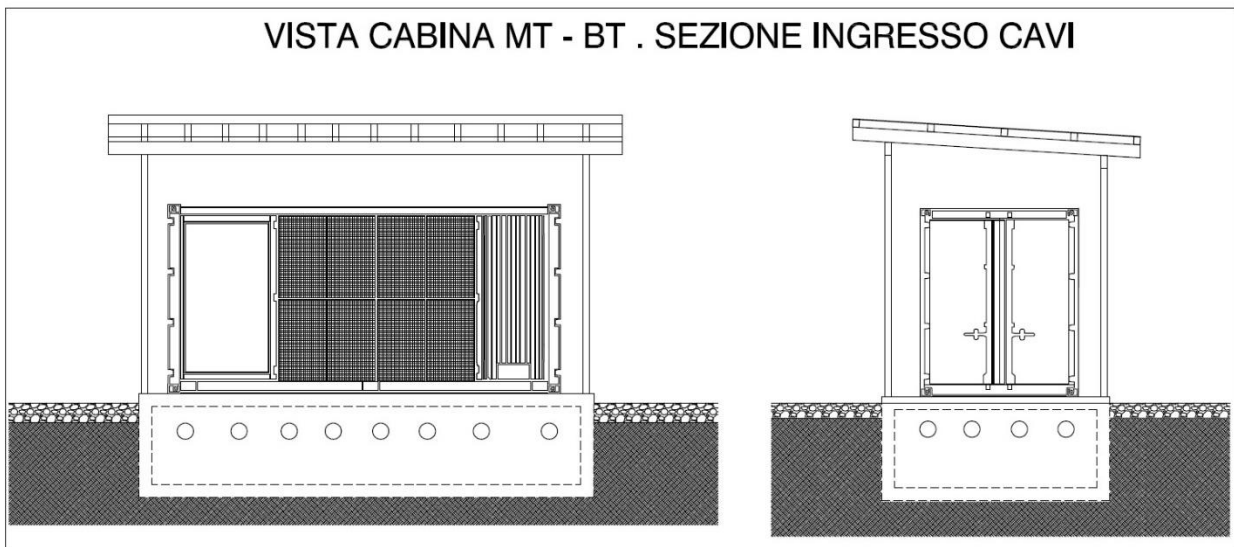
Tipologico di cabina di trasformazione:



Tali cabine prefabricate o box, 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 contenente il trasformatore, i quadri di campo e relativi servizi, 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 del box impianto, 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.



La connessione alla rete elettrica è prevista tramite linea interrata, da ciascuna sezione di impianto attraverso il collegamento di ciascuna cabina di trasformazione, fino alla cabina di consegna sita in prossimità dell'accesso al campo; la tensione di lavoro sarà pari a 30kV, in modo da ridurre le perdite lungo il tracciato.

Si è valutata anche la possibilità di utilizzare un Sistema tipo Smart Transformer Station, costituito da 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 dei 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.

A.11.G GESTIONE IMPIANTO

Il sistema di controllo dell'impianto potrà avvenire tramite due tipologie di controllo: locale e/o remoto.

- **Controllo locale:** *monitoraggi tramite PC centrale e locale, da ubicarsi nella cabina di impianto, con personale in grado di operare con controlli in campo munito di apposite attrezzature in loco, per il controllo di eventuali anomalie presenti;*
- **Controllo remoto:** *gestione a distanza dell'impianto tramite modem GPRS con scheda di rete Data-Logger montata a bordo degli inverter.*

Il sistema di controllo con software dedicato, permetterà l'interrogazione in ogni istante dell'impianto, al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati, con la possibilità di visionare le funzioni di stato, comprese le eventuali anomalie di funzionamento.

Le principali grandezze controllate dal sistema saranno:

- *Potenze dell'inverter;*
- *Tensione di campo dell'inverter;*
- *Corrente di campo dell'inverter;*
- *Radiazioni solari;*
- *Temperatura ambiente;*
- *Velocità del vento;*
- *Lecture dell'energia attiva e reattiva prodotte.*

La connessione tra gli inverter e il PC avverrà tramite un box acquisizione (convertitore USB/RS485 MODBUS).

A.11.H STAZIONE UTENZA

A.11.h.1 Opere civili

Vengono di seguito precisate la natura e la consistenza delle opere civili, individuati e definiti gli oneri a carico del Fornitore che dovrà progettarle e realizzarle in conformità a quanto indicato nella presente specifica e nei disegni allegati al documento di progetto, alle vigenti normative ed alla legislazione italiana.

La progettazione esecutiva dovrà prevedere indicativamente i seguenti elaborati:

- planimetria e sezioni della predisposizione dell'area e della viabilità di accesso alla stazione;
- disegni costruttivi delle opere di contenimento terre e delle eventuali bonifiche geotecniche;
- planimetria generale delle opere civili (contenenti le strutture e le opere di finitura) di tutte le strutture in calcestruzzo semplice ed armato (normale e prefabbricato), in muratura, in carpenteria metallica e di tutte le opere di completamento e finitura;
- pianta, prospetti, sezioni e particolari dell'edificio servizi;
- relazione geotecnica, con verifiche di stabilità, globali e locali, con verifiche di portanza, cedimenti e rotazione delle fondazioni;
- relazioni di calcolo sulle strutture in cemento armato, in muratura, in carpenteria metallica;
- relazione illustrativa sui materiali da impiegare nelle costruzioni;
- planimetria generale della rete di terra;
- sistema di smaltimento degli scarichi idrici con planimetria generale quotata di tubazioni e pozzetti, planimetria generale quotata dei piazzali, relazione illustrativa sul sistema e sul dimensionamento delle opere
- computo metrico di dettaglio di tutte le opere civili.

Le opere civili comprenderanno essenzialmente le seguenti lavorazioni:

- scavi, rilevati, livellamenti, compattazioni ed eventuali opere di sostegno del terreno;
- opere di consolidamento, sostituzione, bonifica geotecnica del terreno (se necessarie);
- smaltimento dei materiali di risulta;
- realizzazione dell'edificio servizi;
- realizzazione di strade e piazzali;
- realizzazione dei basamenti in cemento armato;

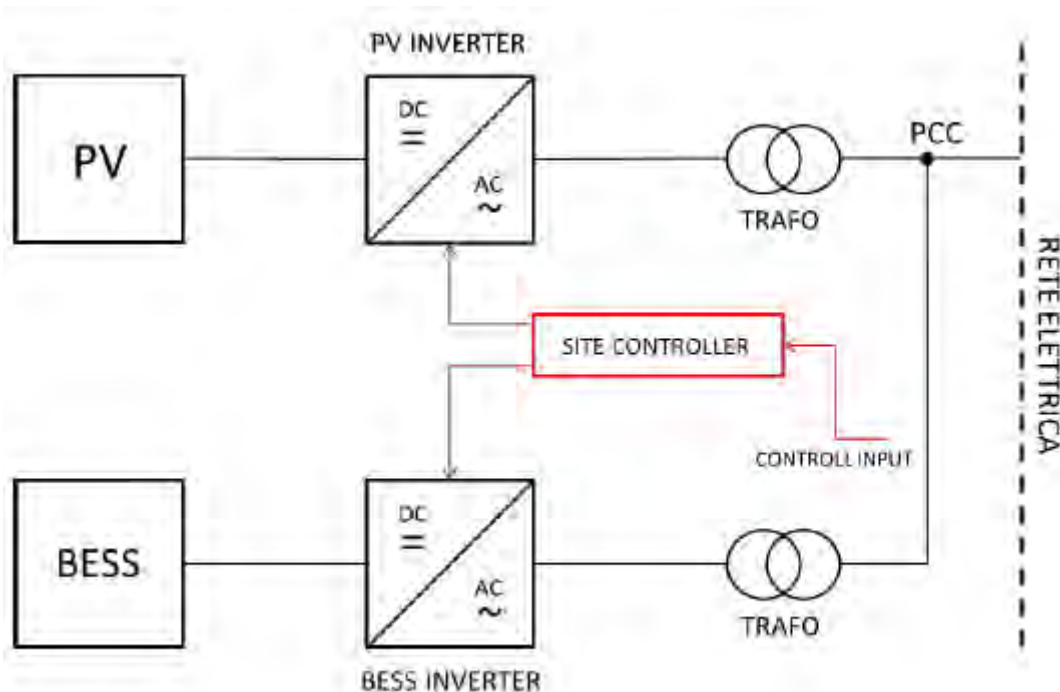
- realizzazione della maglia di terra;
- realizzazione del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e degli scarichi idrici;
- realizzazione di cavidotti (in cunicolo in cemento armato e in tubazione di PVC);
- completamento e finitura delle opere e dell'area della stazione elettrica.

La stazione di trasformazione sarà realizzata a partire dai dati di base, dallo schema elettrico unifilare di principio e dal lay-out indicativo allegati al documento di progetto.

A.11.1 SISTEMA DI ACCUMULO

In un impianto fotovoltaico connesso alla rete elettrica, l'integrazione di un sistema di accumulo permette di raccogliere l'energia dal solare nelle ore di minor richiesta di rete (di giorno), ed erogarla nei momenti di bassa produzione e di maggiore richiesta di rete (la sera). L'esigenza di accoppiamento delle batterie in un impianto ibrido PV+Batteria connesso alla rete elettrica nasce dalla necessità di stabilizzare la rete nei momenti "critici".

L'architettura considerata idonea al nostro caso è chiamata AC coupling poiché il BESS (Battery Energy Storage System) è connesso tramite opportuni convertitori, direttamente alla rete elettrica.



Sistema AC Coupling

Gli obiettivi imposti dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNEIC) e dai programmi europei in termini di sviluppo della penetrazione rinnovabile hanno fatto sì che l'Italia si trovi oggi nel pieno di una intensa Transizione Energetica. Per cogliere gli obiettivi suddetti mantenendo alta la qualità dei servizi forniti dal sistema elettrico nazionale e, in particolare, dalla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), è necessario da un lato un intenso sviluppo di impianti a Fonti Rinnovabili Non Programmabili (FRNP) in regime di grid parity, e dall'altro lo sviluppo di tecnologie che abilitino una penetrazione sempre maggiore di FRNP mantenendo alta la qualità dei servizi sopracitati.

Se diverse tecnologie FRNP (PV, Wind onshore, ecc.) risultano ormai mature, con migliaia di MW installati sul territorio nazionale, al contrario le realizzazioni di batterie di grande taglia sono ancora poco diffuse, pur essendo alcune tecnologie già sviluppate ed affidabili.

Di seguito si illustra il contesto tecnologico, normativo e di mercato in cui lo storage si inserisce, per poi articolare la proposta tecnica di un sistema di storage associato ad un impianto fotovoltaico.

Come evidenziato nel secondo punto, una condizione necessaria allo sviluppo delle FRNP è che le reti elettriche e i sistemi energetici nazionali siano sufficientemente pronti a gestirne l'aleatorietà della produzione.

In Italia le FRNP hanno priorità di dispacciamento rispetto agli impianti la cui produzione è programmabile, e Terna, in qualità di Transmission System Operator (TSO), si occupa dell'approvvigionamento di risorse per garantire la stabilità della RTN tramite il Mercato per il Servizio di Dispacciamento (MSD), nonché della gestione dei flussi di potenza in tempo reale.

Il ruolo dello storage

I sistemi di storage elettrochimico, più comunemente noti come batterie, sono in grado, se opportunamente gestiti, di essere asserviti alla fornitura di molteplici applicazioni e servizi di rete.

Uno sviluppo sostenuto degli ESS, grazie appunto ai servizi che sono in grado di erogare verso la rete, è il fattore abilitante per una penetrazione di FRNP molto spinta, che altrimenti il sistema elettrico nazionale non sarebbe in grado di accogliere in maniera sostenibile per la rete.

Una prima classificazione degli ESS (si veda anche la Figura 1) può essere fatta in base a chi eroga e/o beneficia di tali applicazioni e servizi (produttori di energia, consumatori, utility).

Limitatamente alle applicazioni di interesse per i Produttori, vengono di seguito elencate tutte le applicazioni e i servizi di rete che possono essere erogati dalle batterie:

- Arbitraggio: differimento temporale tra produzione di energia (ad esempio da fonte rinnovabile non programmabile, FRNP) ed immissione in rete della stessa, per sfruttare in maniera conveniente la variazione del prezzo di vendita dell'energia elettrica;
- Regolazione primaria di frequenza: regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata in funzione del valore di frequenza misurabile sulla rete e avente l'obiettivo di mantenere in un sistema elettrico l'equilibrio tra generazione e fabbisogno;
- Regolazione secondaria di frequenza: regolazione automatica dell'erogazione di potenza attiva effettuata sulla base di un segnale di livello inviato da Terna e avente l'obiettivo di ripristinare gli scambi di potenza alla frontiera ai valori di programma e di riportare la frequenza di rete al suo valore nominale;
- Regolazione terziaria e Bilanciamento: regolazione manuale dell'erogazione di potenza attiva effettuata a seguito di un ordine di dispacciamento impartito da Terna e avente l'obiettivo di: o ristabilire la disponibilità della riserva di potenza associata alla regolazione secondaria; o risolvere eventuali congestioni; o mantenere l'equilibrio tra carico e generazione.
- Regolazione di tensione: regolazione dell'erogazione di potenza reattiva in funzione del valore di tensione misurato al punto di connessione con la rete e/o in funzione di un setpoint di potenza inviato da Terna.

Le principali caratteristiche del progetto storage

La tecnologia delle batterie agli ioni di litio è attualmente lo stato dell'arte per efficienza, compattezza, flessibilità di utilizzo.

Un sistema di accumulo, o BESS, comprende come minimo:

- BAT: batteria di accumulatori elettrochimici, del tipo agli ioni di Litio;
- BMS: il sistema di controllo di batteria (Battery Management System);
- BPU: le protezioni di batteria (Battery Protection Unit);
- PCS: il convertitore bidirezionale caricabatterie-inverter (Power Conversion System);
- EMS: il sistema di controllo EMS (Energy management system);
- AUX: gli ausiliari (HVAC, antincendio, ecc.).

Il collegamento del BESS alla rete avviene normalmente mediante un trasformatore innalzatore BT/MT, e un quadro di parallelo dotato di protezioni di interfaccia. I principali ausiliari sono costituiti dalla ventilazione e raffreddamento degli apparati.

L'inverter e le protezioni sono regolamentati dalla norma nazionale CEI 0-16. Le batterie vengono dotate di involucri sigillati per contenere perdite di elettrolita in caso di guasti, e sono installate all'interno di container (di tipo marino modificati per l'uso come cabine elettriche).

La capacità del BESS è scelta in funzione al requisito minimo per la partecipazione ai mercati del servizio di dispacciamento, che richiede il sostenimento della potenza offerta per almeno 2 ore opportunamente sovradimensionata per tener conto delle dinamiche intrinseche della tecnologia agli ioni di litio (efficienza, energia effettivamente estraibili), mentre la potenza de sistema viene dimensionata rispetto alla potenza dell'impianto fotovoltaico:

- Secondo la letteratura la potenza nominale del BESS risulta ottimale attorno a circa il 50% della potenza nominale dell'impianto. Nel caso in discorso si scelto una potenza di 15 MW ;
- La capacità della batteria per garantire il funzionamento pari a 2 h risulta: 20 MWh.

Sistema Batterie

Il sistema di accumulo sarà basato sulla tecnologia agli ioni di litio, tecnologia che garantisce maggiori performance rispetto ad altre tecnologie più economiche.

I sistemi energy storage con tecnologia al litio sono caratterizzati da stringhe batterie (denominati batteries racks) costituite dalla serie di diversi moduli batterie, al cui interno sono disposte serie e paralleli delle celle elementari. Si riporta un esempio di cella, modulo batteria e rack batterie:



Cella batteria al litio

Infine a capo dei moduli posti in serie all'interno dei rack vi è la Battery Protection Unit (BPU) responsabile della protezione dell'intero rack contro i corto circuiti, il sezionamento del rack per eseguire la manutenzione in sicurezza, e la raccolta di tutte le informazioni provenienti dai vari moduli (temperature, correnti, tensioni, stato di carica etc).

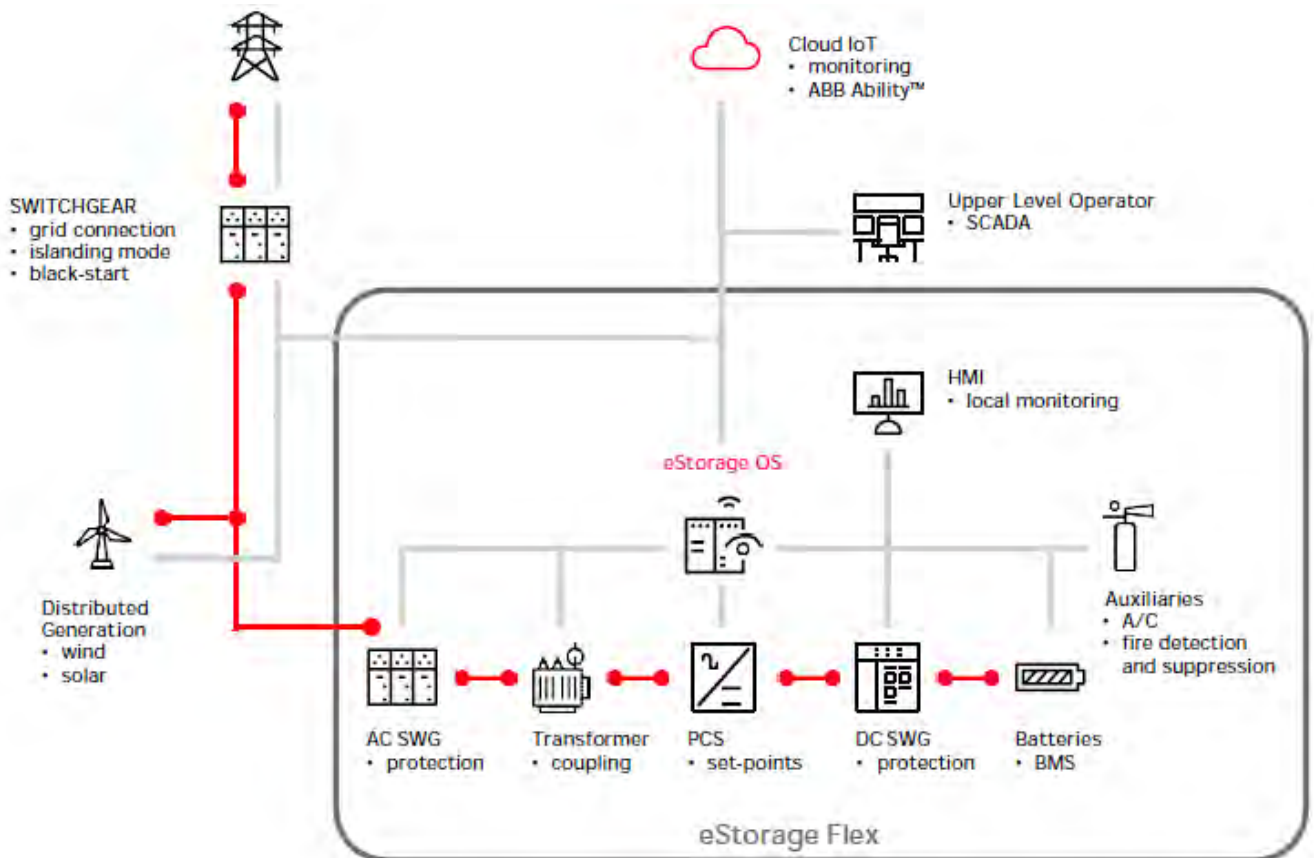
Dal momento che i rack batterie sono caratterizzati da grandezze elettriche continue, al fine di poter connettere tali dispositivi alla rete elettrica vi è la necessità di convertire tali grandezze continue in alternate. A tal fine il sistema di conversione solitamente utilizzato in applicazioni Energy Storage è un convertitore bidirezionale monostadio caratterizzato da un unico inverter AC/DC direttamente collegato al sistema di accumulo.

Tali convertitori possono essere installati direttamente all'interno di container oppure realizzati in appositi skid esterni, come i convertitori centralizzati utilizzati nei parchi fotovoltaici, si riportano due esempi:



Convertitore da interno

Il convertitore poi risulta essere connesso ad un trasformatore elevatore MT/BT al fine di trasportare l'energia in maniera più efficiente e solitamente vengono realizzati degli skid esterni comprensivi di PCS, trasformatore e celle di media tensione.



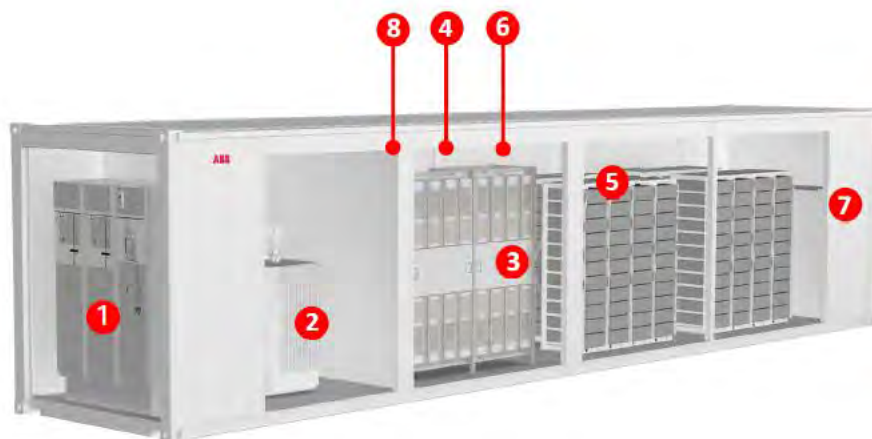
Container

I container sono progettati per ospitare le apparecchiature elettriche, garantendo idonee segregazioni per le vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante), isolamento termico e separazione degli ambienti, spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno.

I container rispetteranno i seguenti requisiti:

- Resistenza al fuoco REI 120;
- Contenimento di qualunque fuga di gas o perdita di elettrolita dalle batterie in caso di incidente;
- segregazione delle vie cavi (canalizzazioni e pavimento flottante); adeguati spazi di manutenzione e accessibilità dall'esterno ai singoli compartimenti;
- isolamento termico in poliuretano o lana minerale a basso coefficiente di scambio termico;
- pareti di separazione tra i diversi ambienti funzionali (stanze o locali);
- porte di accesso adeguate all'inserimento / estrazione di tutte le apparecchiature (standard ISO + modifica fornitore) e alle esigenze di manutenzione;
- I locali batterie saranno climatizzati con condizionatori elettrici "HVAC". Ogni container sarà equipaggiato con minimo due unità condizionatore al fine di garantire della ridondanza;
- Particolare cura sarà posta nella sigillatura della base del container batterie. Per il locale rack batterie saranno realizzati setti sottopavimento adeguati alla formazione di un vascone di contenimento, che impedisca la dispersione di elettrolita nel caso incidentale;
- Sicurezza degli accessi: i container sono caratterizzati da elevata robustezza, tutte le porte saranno in acciaio rinforzato e dotate di dispositivi anti-intrusione a prevenire l'accesso da parte di non autorizzati.

Integrated Equipment



- 1 AC switchgear
- 2 Coupling transformer
- 3 Inverter
- 4 DC switchgear
- 5 Battery Modules + BMS
- 6 Fire suppression system
- 7 HVAC
- 8 eStorage OS

I container batterie e inverter saranno appoggiati su una struttura in cemento armato, tipicamente costituita da una platea di fondazione appositamente dimensionata in base all'attuale normativa NTC 2018. La quota di appoggio dei container sarà posta a circa 25 cm dal piano di campagna, al fine di evitare il contatto dei container con il suolo e con l'umidità in caso di pioggia.

La superficie della piazzola di collocamento dei container sarà ricoperta con ghiaia. Si prevede che il percorso di accesso ai container (corridoio centrale tra le due file e zona perimetrale) potrà essere pavimentato con una semplice soletta in calcestruzzo tipo marciapiede.

Collegamenti elettrici

Il collegamento del sistema di accumulo avverrà mediante 4 interruttori posti nelle celle di media a 30 kV sul quadro generale di media tensione dell'impianto.

I tratti di interconnessione tra i container saranno realizzati con tubi interrati, tipo corrugato doppia parete; nei punti di ingresso/uscita attraverso i basamenti dei container o tubi che saranno annegati nel calcestruzzo o tramite cavidotti.

Saranno inoltre previsti pozzetti intermedi in cemento armato con coperchio carrabile, dimensioni indicative 1000x1000x800 mm

Sarà presente una sezione di bassa tensione in comune alle 4 sezioni, di alimentazione degli ausiliari 400

Vac e 230 Vac derivata dal trasformatore dei servizi ausiliari dell'impianto.

Tutti gli impianti elettrici saranno realizzati a regola d'arte, progettati e certificati ai sensi delle norme CEI EN vigenti.

Le sezioni dell'impianto di accumulo saranno collegate all'impianto di terra della sottostazione tramite appositi dispersori.

Sistema antincendio

Sarà progettato e certificato in conformità alla regola dell'arte e normativa vigente. Il sistema, che sarà interfacciato con la centrale di allarme presente nella sala controllo del CCGT, ha il compito di valutare i segnali dei sensori di fumo/termici e:

- allertare le persone in caso di pericolo;
- disattivare gli impianti tecnologici;
- attivare i sistemi fissi di spegnimento;

Le principali caratteristiche sono:

- i locali batterie saranno protetti da sistema di estinzione, attivato automaticamente dalla centrale antincendio in seguito all'intervento concomitante di almeno 2 sensori su 2;
- il fluido estinguente sarà un gas caratterizzato da limitata tossicità per le persone e massima sostenibilità ambientale, contenuto in bombole pressurizzate con azoto (tipicamente a 25 bar). Sarà di tipo fluoro-chetone 3M NOVEC 1230 o equivalente. La distribuzione è effettuata ad ugelli, e realizzerà l'estinzione entro 10 s;
- la centrale di rilevazione e automazione del sistema di estinzione e le bombole saranno installate in compartimento separato dal locale batterie, separato da setto REI 120;

- esternamente ai container saranno installati avvisatori visivi e acustici degli stati d'allarme, e sistema a chiave di esclusione dell'estinzione;
- saranno presenti pulsanti di allarme e specifiche procedure per la gestione delle eventuali situazioni di malfunzionamento in modo da escludere limitazioni alle attuali condizioni di sicurezza della centrale;
- nei locali elettrici non dotati di sistema di estinzione automatico (cabina elettrica) saranno previsti estintori a CO2.

La gestione degli apparecchi che contengono gas ad effetto serra sarà conforme alle normative F-Gas vigenti.

Il progetto storage

Sistema BESS

La composizione del BESS è modulare e sarà composta da dieci sezioni di base; la sezione di base sarà così composta:

- 15 MWh usabili per ogni sezione posizionati all'interno di 10 container dedicati;

In totale si prevede pertanto n°10 container batterie, 10 PCS e 10 trasformatori. I quadri di media tensione che raccolgono la potenza dalle varie sezioni dell'impianto BESS raccolgono anche la potenza proveniente dai campi fotovoltaici come riportato nello schema unifilare e saranno posizionati all'interno di un container assieme alle apparecchiature ausiliarie e quadri di controllo. Potenza del sistema di accumulo (15 MW) per una autonomia di 2-3 ore

Il sistema di batterie, quadri elettrici e ausiliari, è interamente contenuto all'interno di cabine in acciaio galvanizzato, di derivazione da container marini per trasporto merci di misure standard 40' ISO HC (dimensioni 12,2m x 2,45m x H2,9m), opportunamente allestiti per l'utilizzo speciale.

: