

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE
"BRINDISI VALLONE" DI POTENZA NOMINALE PARI A 29.925 MVA
E POTENZA INSTALLATA PARI A 33.475,68 MW
DA REALIZZARSI IN AREA SIN BRINDISI

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di BRINDISI
COMUNE di BRINDISI
Località Masseria Baraccone (Area SIN)

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU 1JAXB41

Tav.:

Titolo:

R04
agg2

Relazione Tecnica Opere Elettriche

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

1JAXB41_DocumentazioneSpecialistica_04-agg2

Progettazione:

Committente:



Dott. Ing. Fabio CALCARELLA
Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu



Fabio Calcarella

Stern PV 2 S.r.l.



Stern PV 2 S.r.l.

Sede Legale: Via Leonardo Da Vinci, 12 - 39100 Bolzano
email: sternv2srl@pec.it

Stern PV 2

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2020	Prima emissione	STC	FC	Stern PV 2 S.r.l.
Luglio 2021	Aggiornamento opere di connessione	STC	FC	Stern PV 2 S.r.l.
Novembre 2023	Modifica a seguito richiesta integrazione AdB	STC	FC	Stern PV 2 S.r.l.



Sommario

1. Generalità	2
2. Caratteristiche dell'impianto e dell'area oggetto dell'intervento.....	2
2.1. Caratteristiche dell'area	2
2.1. Caratteristiche dell'area	3
2.2. Caratteristiche dei moduli fotovoltaici.....	3
3. Architettura elettrica dell'impianto.....	5
4. Gruppi di Conversione (Inverter)	10
4.1. Container metallici Inverter-Trasformatore	11
5. Cabine di Campo o Trasformazione.....	12
6. Cabina di Smistamento (CdS).....	14
7. Linea elettrica interrata MT	14
8. Rete di terra dell'Impianto e delle Cabine elettriche	14
9. Sottostazione Elettrica Utente	16
9.1. Quadro MT.....	19
9.2. Trasformatore MT/AT	19
9.3. Apparecchiature AT	20
9.4. Rete di terra.....	21
9.5. Protezioni	22
10. Esercizio dell'impianto	22
11. Misure e loro sistemi di trasmissione – RTU	23
11.1. Misure dell'energia scambiata con la RTN.....	23
11.2. Misura consumi ausiliari Stazione Utente	24
11.3. Teletrasmissione delle misure - RTU.....	24



1. Generalità

La presente relazione ha lo scopo di illustrare gli aspetti tecnici legati alla progettazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare) e di tutte le opere ad esso annesse e necessarie per il collegamento dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale gestita da *TERNA S.p.A.*, ed in particolare per il collegamento alla Stazione Elettrica TERNA 150/380 kV "Brindisi SUD". Nello specifico si farà riferimento alle Opere Impiantistiche Elettriche.

2. Caratteristiche dell'impianto e dell'area oggetto dell'intervento

2.1. Caratteristiche dell'area

L'impianto avrà una potenza nominale pari a 29.925 kVA e potenza installata pari a 33.475,68 kWp. Sarà costituito da 53.136 pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino da 630 W ognuno, raggruppati in 2.214 stringhe e montati su strutture metalliche ad inseguitori solari monoassiali "Tracker" aventi asse di rotazione perpendicolare all'asse Est-Ovest.

L'energia prodotta dall'impianto sarà convogliata, dopo la trasformazione da BT in MT, mediante una linea interrata MT a 30 kV (di lunghezza pari a circa 12,2 km), nella Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV (di nuova costruzione), in cui avverrà la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV "Brindisi Sud". In particolare la SSE Utente farà parte di un complesso di 3 sottostazioni (compreso quella in esame) di proprietà di altri produttori, che condivideranno tramite un sistema di sbarre AT a 150 kV, lo Stallo di consegna all'interno della detta SE Terna "Brindisi Sud". La consegna dell'energia prodotta, avverrà mediante la posa di un cavo AT interrato, che si attesterà quindi da una parte allo stallo dedicato AT 150 kV della SE TERNA "Brindisi Sud", dall'altro al detto Sistema di Sbarre AT condiviso.

2.1. Caratteristiche dell'area

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Sud-Est dell'abitato di Brindisi. L'area su cui sorgerà l'impianto ha una estensione di circa 39,789 ha.

Le caratteristiche dell'area di impianto sono riportate nelle tabelle seguenti:

Latitudine	Longitudine	Comune
40°34'38.89"N	18° 0'0.52"E	Brindisi

Tabella A – Ubicazione geografica delle opere

Estensione (ha)	Potenza (MW)	Rapporto ha / MW	Ubicazione NCT
39,789	33.475,68	1,18	Foglio 155 (Brindisi)

Tabella B – Estensione e Potenza installata

2.2. Caratteristiche dei moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici saranno del tipo monocristallino di potenza massima pari a 630 Wp, e saranno montati su Inseguitori solari monoassiali orizzontali (*Tracker*) in file parallele orientate nel verso dell'asse Nord-Sud.

I *Tracker* saranno di due tipi, da 24 e 12 moduli in configurazione *portrait*, quindi con pannello montato in posizione verticale.

SPECIFICATIONS											
Module Type	JKM610N-78HL4		JKM615N-78HL4		JKM620N-78HL4		JKM625N-78HL4		JKM630N-78HL4		
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	
Maximum Power (Pmax)	610Wp	459Wp	615Wp	462Wp	620Wp	466Wp	625Wp	470Wp	630Wp	474Wp	
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.59V	42.28V	45.69V	42.39V	45.79V	42.50V	45.92V	42.61V	46.02V	42.72V	
Maximum Power Current (Imp)	13.38A	10.85A	13.46A	10.91A	13.54A	10.97A	13.61A	11.03A	13.69A	11.09A	
Open-circuit Voltage (Voc)	55.25V	52.48V	55.40V	52.62V	55.55V	52.77V	55.70V	52.91V	53.85V	53.05V	
Short-circuit Current (Isc)	14.11A	11.39A	14.18A	11.45A	14.25A	11.50A	14.32A	11.56A	14.39A	11.62A	
Module Efficiency STC (%)	21.82%		22.00%		22.18%		22.36%		22.54%		
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C										
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)										
Maximum series fuse rating	25A										
Power tolerance	0~+3%										
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C										
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C										
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C										
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C										

figura 1 – caratteristiche elettriche dei moduli fotovoltaici

Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2465×1134×35mm (97.05×44.65×1.38 inch)
Weight	30.6 kg (67.46 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

figura 2 – caratteristiche meccaniche dei moduli fotovoltaici

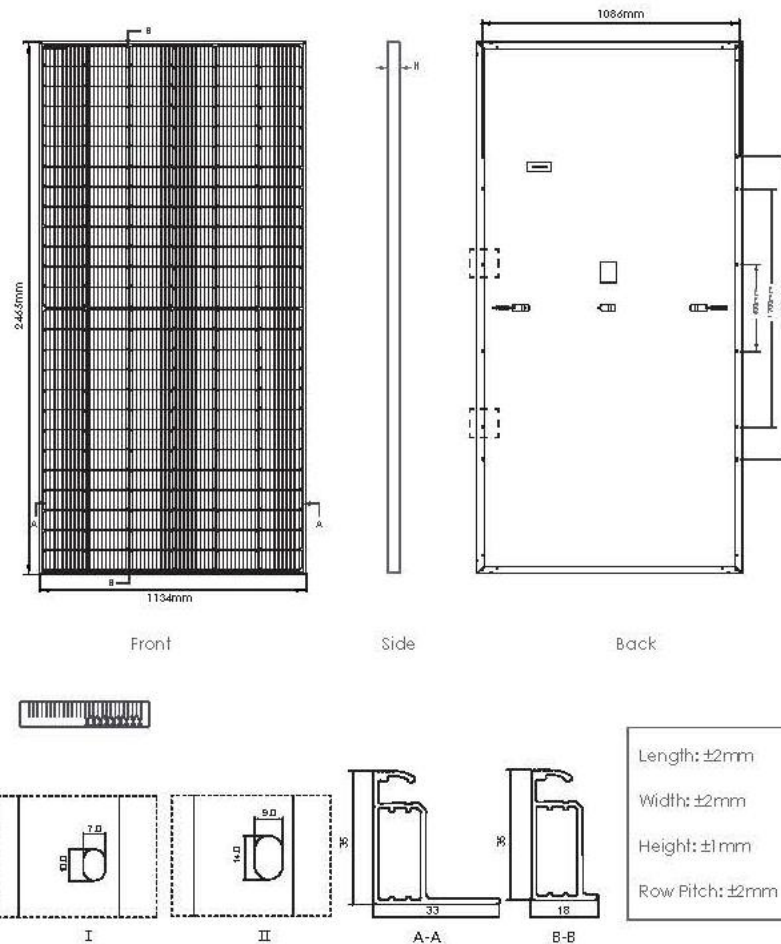


figura 3 – caratteristiche dimensionali dei moduli

3. Architettura elettrica dell'impianto

Da un punto di vista elettrico il generatore fotovoltaico è costituito da stringhe. Una stringa è formata da 26 moduli collegati in serie, pertanto la tensione di stringa è data dalla somma delle tensioni a vuoto dei singoli moduli, mentre la corrente di stringa coincide con la corrente del singolo modulo.

Moduli per stringa	V _{oc} (V)	I _{mp} (A) - STC	Tensione stringa	Corrente stringa
24	55.85	13.69	1.104,48 V	13.69 A

Nella tabella seguente si evidenziano il numero di stringhe contenute nei tracker a seconda della loro lunghezza.

Tracker	Pot. Mod. (W)	N° moduli	Pot. Tracker (kWp)
<i>Tracker 24 mod</i>	630	24	15.12
<i>Tracker 12 mod</i>	630	12	7,56

L'energia prodotta dalle stringhe affinisce negli inverter di campo. Ciascun inverter ha 12 ingressi e per ciascun ingresso è possibile collegare 2 stringhe in parallelo per un massimo di 24 stringhe. Come detto si prevede di collegare un massimo di 17 stringhe per ciascun inverter. Ciascun inverter ha una massima tensione di ingresso pari a 1.500 V maggiore della tensione massima di stringa pari a 1.104,48 V. L'inverter effettua la conversione della corrente continua in corrente alternata a 800 V trifase con frequenza di 50 Hz.

Gli inverter saranno installati in campo in prossimità dei moduli.

L'energia proveniente dagli inverter sarà quindi raccolta nelle cabine elettriche MT/BT. Qui l'energia a 800 V in c.a. sarà soggetta ad un ulteriore innalzamento di tensione, tramite un trasformatore 0,8/30 kV, sarà infatti portata a 30 kV. In ciascuna cabina sarà installato un trasformatore MT/BT di opportuna taglia a seconda della potenza in ingresso proveniente dal campo. In particolare saranno installati:

- n.1 trasformatore da 1.000 kVA;
- n.1 trasformatore da 1.250 kVA;
- n.1 trasformatore da 2.000 kVA;
- n.1 trasformatore da 2.500 kVA;
- n.8 trasformatore da 3.150 kVA;



Tutti i trasformatori saranno dotati di kit supplementare di ventilazione per aumento potenza del 10%. Dalle Cabine di Campo l'energia sarà trasmessa, sempre in MT a 30 kV e sempre tramite linee in cavo, alla Cabina di Smistamento interna all'impianto. Da qui, l'energia prodotta sarà raccolta e convogliata (tramite linea interrata MT a 30 kV, di lunghezza pari a circa 12,2 km) nella Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, in cui avviene la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la successiva consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV "Brindisi Sud", tramite la posa di un cavo AT interrato di lunghezza pari a circa 0,4 km, che si attesterà da una parte allo stallo dedicato AT 150 kV della SE TERNA "Brindisi Sud", dall'altro allo stallo At della nuova SSE.

Le Cabine di Campo, a loro volta, saranno elettricamente collegate tra loro in serie secondo la classica configurazione "in entra-esci", tramite linee MT a 30 kV in cavo interrato. Si formeranno così 4 sottocampi, ciascuno costituito dall'insieme di una serie di Cabine secondo lo schema riportato sotto e nell'elaborato "Schema a blocchi rete MT Impianto fotovoltaico".

Dalle tabelle sotto riportate si evince che la potenza di picco installata dell'impianto è pari a 33.475.68 kWp.

IMPIANTO BRINDISI VALLONE								Panel Wp
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Pnales/Tracker	Tracker quantity	Total N° Strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)	630
Trck 24 PV M	1	24	2.184	2.184		52.416	33.022,08	29.925,00
Trck 12 PV M	0,50	12	60	30		720	453,60	
Total			2.244	2.214	133	53.136	33.475,68	

SOTTOCAMPO 1							
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Pnales/Tracker	Tracker quantity	Total N° Strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)
Trck 24 PV M	1	24	60	60		1.440	907,20
Trck 12 PV M	0,50	12	14	7		168	105,84
Total			74	67	4	1.608	1.013,04

SOTTOCAMPO 2							
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Pnales/Tracker	Tracker quantity	Total N° Strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)
Trck 24 PV M	1	24	821	821		19.704	12.413,52
Trck 12 PV M	0,50	12	26	13		312	196,56
Total			847	834	51	20.016	12.610,08

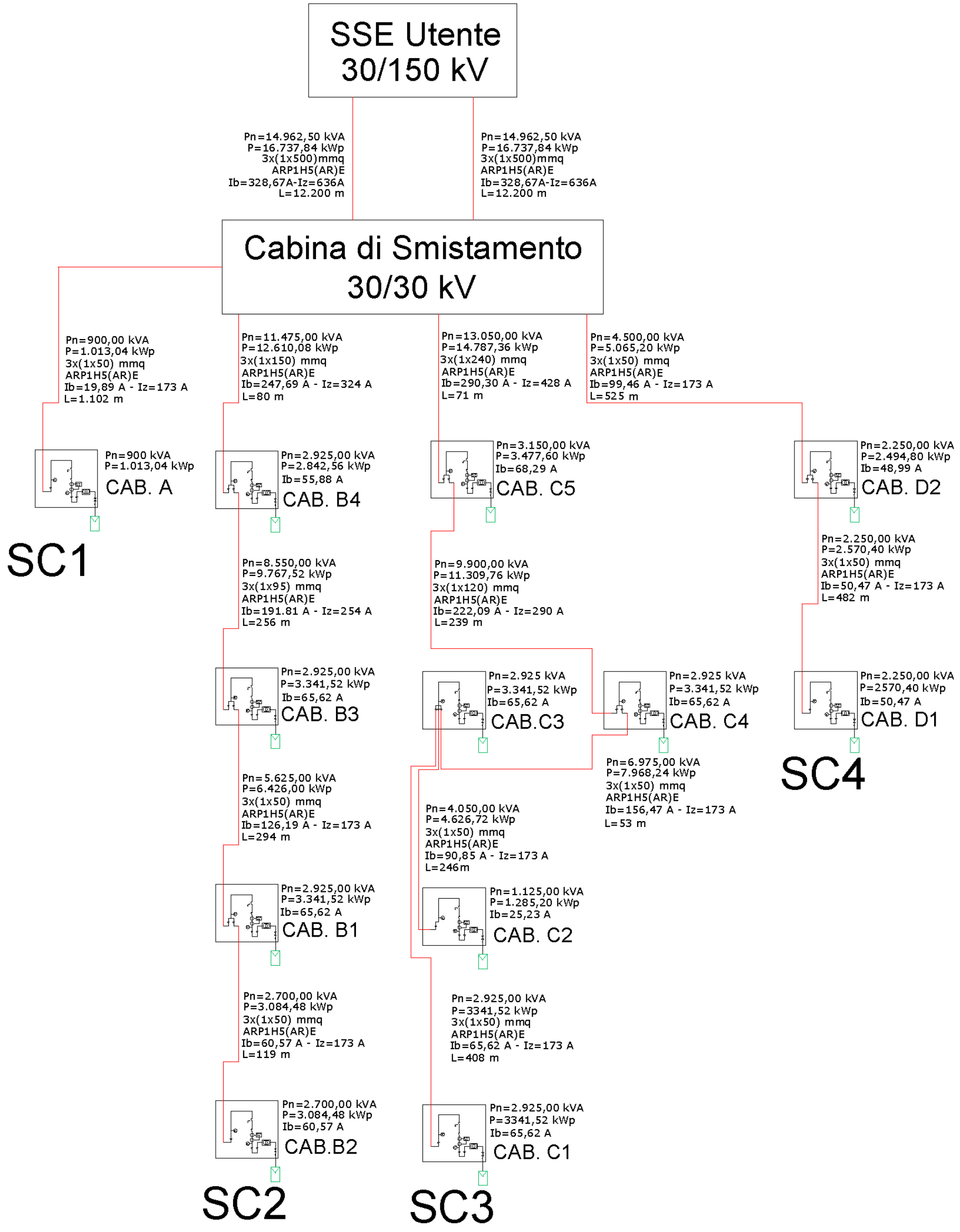
SOTTOCAMPO 1							
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Pnales/Tracker	Tracker quantity	Total N° Strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)
Trck 24 PV M	1	24	968	968		23.232	14.636,16
Trck 12 PV M	0,50	12	20	10		240	151,20
Total			988	978	58	23.472	14.787,36

SOTTOCAMPO 1							
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Pnales/Tracker	Tracker quantity	Total N° Strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)
Trck 24 PV M	1	24	335	335		8.040	5.065,20
Trck 12 PV M	0,50	12	0	0		0	0,00
Total			335	335	20	8.040	5.065,20



L'energia raccolta dalle Cabine quindi, sarà convogliata (sempre tramite linea MT in cavo), nella **Cabina di Smistamento (CdS)** del tipo MT/MT, ubicata anche essa nel perimetro dell'impianto fotovoltaico.

Dalla **Cabina di Smistamento** l'energia sarà trasportata, tramite linea in cavo MT a 30 kV nella Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, in cui avviene la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV "*Brindisi Sud*".



In estrema sintesi l'impianto di generazione è costituito da:

- a. 53.136 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino (collettori solari) di potenza massima unitaria pari a 630 Wp, installati su inseguitori monoassiali da 24 e 12 moduli;
- b. 2.214 stringhe, ciascuna costituita da 24 moduli da 630 Wp ciascuno, collegati in serie. Tensione di stringa 1.104,48 V e corrente di stringa 13,69 A;
- c. 133 Inverter di campo con potenza nominale pari a da 225 kVA, a cui afferiranno un massimo di 17 stringhe (in parallelo);
- d. 12 Cabine di Campo (CdC) contenenti i quadri MT (celle arrivo e partenza linee MT), ed i trasformatori per l'innalzamento della tensione sino a 30 kV. Le CdC sono collegate fra loro con configurazione entra-esce, tramite linee in cavo MT interrato;
- e. Una Cabina di Smistamento, in cui viene raccolta tutta l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico proveniente dalle 12 Cabine di Campo MT/BT;
- f. linea MT in cavo interrato, per il trasporto dell'energia dalla **Cabina di Smistamento** sino ad una Sottostazione Elettrica Utente (SSE) 30/150 kV, che sarà realizzata nei pressi della Stazione Elettrica (SE) TERNA 150/380 kV "*Brindisi Sud*";
- g. Una Sottostazione Elettrica Utente in cui avviene la raccolta dell'energia prodotta (in MT a 30 kV), la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV). Nella SSE sarà installato un trasformatore elevatore 30/150 kV, potenza 40/50 MVA, munito di variatore di rapporto sotto carico (150+/- 10 x 1,25%), gruppo vettoriale YNd11, esercito con il centro stella lato AT non collegato a terra;
- h. Sistema di Sbarre AT a 150 kV, ubicato in un'area condivisa con altri Produttori, per consentire la condivisione dello Stallo Terna nella SE "*Brindisi Sud*";
- i. Gruppi di Misura (GdM) dell'energia prodotta, a loro volta costituiti dagli Apparecchi di Misura (AdM) e dai trasduttori di tensione (TV) e di corrente (TA). Particolare rilievo assumono a tal proposito il punto di installazione degli AdM, il punto e le modalità di prelievo di tensione e corrente dei relativi TA e TV, la classe di precisione dei singoli componenti del GdM;
- j. Apparecchiature elettriche di protezione e controllo BT, MT, AT, ed altri impianti e sistemi che rendono possibile il sicuro funzionamento dell'intera installazione e le comunicazioni al suo interno e verso il mondo esterno, installati all'interno delle CdC, della CdS e della SSE Utente;
- k. Apparecchiature di protezione e controllo dell'intera rete MT e AT.



4. Gruppi di Conversione (Inverter)

Il gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o inverter) attua il condizionamento e il controllo della potenza trasferita. Esso deve essere idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. In particolare il gruppo deve essere rispondente alle norme su EMC e alla Direttiva Bassa Tensione (73/23/CEE e successiva modifica 93/68/CEE). I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura devono essere compatibili con quelli del campo fotovoltaico cui è connesso, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete del distributore alla quale viene connesso. Il convertitore deve, preferibilmente, essere basato su inverter a commutazione forzata (con tecnica PWM) ed essere in grado di operare in modo completamente automatico, inseguendo il punto di massima potenza (MPPT) del campo fotovoltaico. Tra i dati di targa deve figurare la potenza nominale dell'inverter in c.c e in c.a, nonché quella massima erogabile continuamente dal convertitore e il campo di temperatura ambiente alla quale tale potenza può essere erogata.

Tra i dati di targa dovrebbero figurare inoltre l'efficienza, la distorsione e il fattore di potenza. L'inverter deve essere progettato in modo da evitare, così come nei quadri elettrici, che la condensa si formi nell'involucro IP65; questo in genere è garantito da una corretta progettazione delle distanze fra le schede elettroniche. Un'ultima nota riguarda le possibili interferenze prodotte. I convertitori per fotovoltaico sono, come tutti gli inverter, costruiti con dispositivi a semiconduttore che commutano (si accendono e si spengono) ad alta frequenza (fino a 20kHz); durante queste commutazioni si generano dei transitori veloci di tensione che possono propagarsi ai circuiti elettrici ed alle apparecchiature vicine dando luogo ad interferenze. Le interferenze possono essere condotte (trasmesse dai collegamenti elettrici) o irradiate (trasmesse come onde elettromagnetiche).

Gli inverter devono essere dotati di marcatura CE, ciò vuol dire che si presume che rispettino le norme che limitano queste interferenze ai valori prescritti, senza necessariamente annullarle. Inoltre le verifiche di laboratorio sono eseguite in condizioni standard che non sono necessariamente ripetute sui luoghi di installazione, dove peraltro possono essere presenti dispositivi particolarmente sensibili.

Quindi, per ridurre al minimo le interferenze è bene evitare di installare il convertitore vicino a apparecchi sensibili e seguire le prescrizioni del costruttore, ponendo attenzione alla messa a

terra dell'inverter e collegandolo il più a monte possibile nell'impianto dell'utente utilizzando cavidotti separati (sia per l'ingresso dal campo fotovoltaico che per l'uscita in ca).

In particolare, in prossimità degli inseguitori saranno installati degli inverter di campo o di stringa, ovvero inverter contenuti all'interno di quadri da esterno con grado di protezione IP 65 e IP 54 per la sezione di raffreddamento, che avviene con aria forzata. Saranno tipicamente installati "In testa" agli inseguitori. Gli inverter provvederanno alla conversione della corrente continua proveniente dalle stringhe di moduli in corrente alternata, che poi sarà trasmessa, tramite apposite linee in cavo, al relativo quadro BT della Cabina di Campo.

Nel caso in esame è prevista l'installazione di 133 Inverter da 225 kVA.

Con una potenza nominale pari a 29.925,00 kVA, ad ogni inverter afferiranno un massimo di 17 stringhe.

Ogni stringa ha una potenza pari a 15,12 kWp (630 Wp x 24 moduli), per una potenza massima in ingresso, lato DC di ogni Inverter, pari a massimo 257,04 kW.

4.1. Container metallici Inverter-Trasformatore

Come detto, il progetto prevede l'installazione di Inverter di stringa posizionati in prossimità delle strutture. Tuttavia in fase esecutiva si potrà decidere di installare in prossimità di ciascuna Cabina di Campo, degli Shelter prefabbricati dotati di fabbrica al loro interno di Inverter e Trasformatore MT/BT (*gruppo conversione / trasformazione*). In questo caso, l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici, sarà prima raccolta all'interno di Quadri di parallelo stringa, sempre installati in campo in prossimità delle strutture di sostegno dei moduli, per poi sempre in c.c., essere convogliata all'interno degli Shelter per la conversione in c.a. e trasformazione da BT a MT.



Il cabinato in figura ha dimensioni (L x H x P) 6.058 x 2.896 x 2.438 mm.

5. Cabine di Campo o Trasformazione

In linea generale, le cabine elettriche svolgono la funzione di edifici tecnici adibiti a locali per la posa dei quadri, degli inverter, del trasformatore, delle apparecchiature di telecontrollo, di consegna e misura.

Nel particolare caso oggetto della presente relazione, le *Cabine di Trasformazione* saranno a struttura monoblocco del tipo prefabbricato. Ciascuna sarà composta da n°2 vani atti a contenere le apparecchiature elettriche: il quadro generale in BT, il trasformatore elevatore di tensione BT/MT, il Quadro MT per l'arrivo e la partenza delle linee in cavo e gli organi di comando e protezione MT contenuti negli appositi scomparti, come rappresentato negli elaborati grafici costituenti il progetto.

La cabina, come accennato, sarà a struttura prefabbricata (tuttavia in fase di progettazione esecutiva si potrà optare per una struttura gettata in opera), che pertanto non necessita di fondazioni in cemento, fatta eccezione per la base di supporto della cabina stessa che sarà costituita da una platea in cemento dello spessore di 30 cm ed armata con rete elettrosaldata 20x20 ϕ 10.

La cabina sarà dotata di impianto di illuminazione ordinario e di emergenza, forza motrice, alimentate da apposito quadro BT installato in loco, nonché di accessori normalmente richiesti dalle normative vigenti (schema del quadro, cartelli comportamentali, tappeti isolanti 30 kV, guanti di protezione 30 kV, estintore ecc.). Il sostegno dei circuiti ausiliari dei quadri per la sicurezza e per il funzionamento continuativo dei sistemi di protezione elettrica avverrà da gruppi di continuità (UPS) installati in loco.

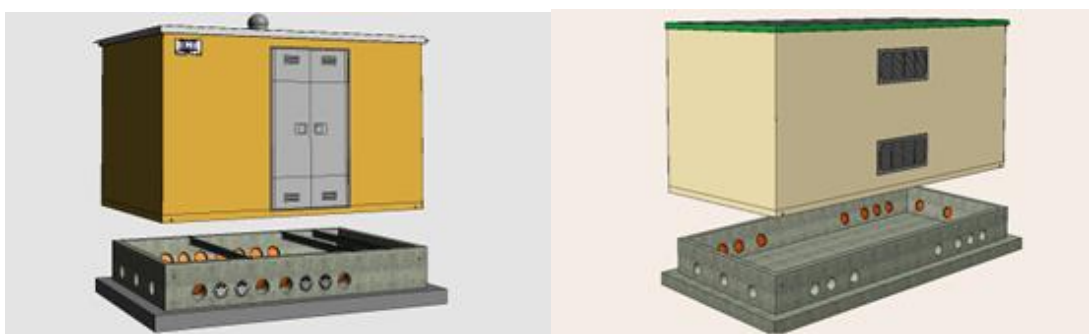


figura 7 – Tipico Cabina di Trasformazione prefabbricata monoblocco

Il linea generale il box viene realizzato ad elementi componibili (il che consente anche in fase esecutiva di modificare le dimensioni della Cabina prevista, semplicemente accoppiando altri elementi ma sempre rimanendo nella sagoma volumetrica del presente progetto) prefabbricati



in cemento armato vibrato, materiale a bassa infiammabilità (come previsto dalla norma CEI 11-1 al punto 6.5.2 e CEI 17-63 al punto 5.5) e prodotto in modo tale da garantire pareti interne lisce e senza nervature e una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali come indicato nelle tavole allegate.

Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti il box viene additivato con idonei fluidificanti-impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1 al punto 6.5.2.1.

Le dimensioni e le armature metalliche delle pareti sono sovrabbondanti rispetto a quelle occorrenti per la stabilità della struttura in opera, in quanto le sollecitazioni indotte nei vari elementi durante le diverse fasi di sollevamento e di posa in opera sono superiori a quelle che si generano durante l'esercizio.

Come appena detto, nelle cabine è prevista una fondazione prefabbricata in c.a.v. interrata, costituita da una o più vasche in c.a. unite e di dimensioni uguali a quelle esterne del box e di altezza variabile da 60 cm fino a 100 cm a seconda della tipologia impiegata.

Per l'entrata e l'uscita dei cavi vengono predisposti nella parete della vasca dei fori a frattura prestabilita, idonei ad accogliere le tubazioni in PVC contenenti i cavi; gli stessi fori appositamente flangiati possono ospitare dei passa cavi a tenuta stagna; entrambe le soluzioni garantiscono comunque un grado di protezione contro le infiltrazioni anche in presenza di falde acquifere.

L'accesso alla vasca avviene tramite una botola ricavata nel pavimento interno del box; sotto le apparecchiature vengono predisposti nel pavimento dei fori per permettere il cablaggio delle stesse.

Come già detto, il posizionamento delle Cabine di Campo e della Cabina di Smistamento, prevede la realizzazione di uno scavo a sezione ampia di profondità che varia dai 65 cm ai 100 cm a seconda delle dimensioni della cabina. Lo sbancamento sarà eseguito per un'area di 1 m oltre l'ingombro massimo della cabina in tutti i lati, questo per consentire la realizzazione dell'impianto di terra esterno secondo quanto previsto dalle specifiche Enel DG10061 ed. V, che a sua volta sarà collegato all'anello perimetrale di terra dell'impianto.

Il materiale di risulta dello scavo, sarà destinato al riutilizzo o al conferimento in idonea discarica.

Nel particolare caso del presente progetto è prevista l'installazione di n°12 Cabine di Campo di ingombro massimo pari a (L, H, p) 15,00 x 3,00 x 4,00 m. Come detto in precedenza, in fase esecutiva si potrà scegliere di accoppiare a ciascuna di esse uno Shelter prefabbricato dotato



di fabbrica al suo interno del gruppo conversione / trasformazione, quindi Inverter Centralizzato e Trasformatore MT/BT. In tal caso, si utilizzeranno in luogo degli Inverter di campo previsti in progetto, per la raccolta dell'energia di singoli gruppi di pannelli fotovoltaici.

6. Cabina di Smistamento (CdS)

La Cabina di Smistamento, di ingombro massimo pari a (L, H, p) 15,00 x 3,00 x 4,00 m, raccoglie l'energia prodotta dai sottocampi dell'impianto all'interno delle Cabine di Campo. Da questa, sempre tramite una linea in cavo interrata a 30 kV, l'energia verrà convogliata alla Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, in cui avviene la raccolta dell'energia prodotta (in MT a 30 kV), la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV).

All'interno del locale troverà alloggio l'armadio di media tensione costituito da:

- N. 4 scomparti per l'arrivo delle linee dalle Cabine di Campo, costituiti da sezionatori motorizzati isolati in aria, con involucro metallico 24 kV;
- N. 2 scomparto partenza linea con sezionatore di terra (risalita cavi con involucro metallico 24 kV) per la partenza verso la Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV.

All'interno degli scomparti arrivo linee "IM", sono installati gli interruttori 3x630 A – 24 kV isolato in SF6 DG all'interno di scomparto metallico, su cui agiscono:

- la protezione generale PG del tipo SEPAM S41 con protezioni 50/51, 50N/51N, 67N;
- la protezione di interfaccia PI del tipo THYTRONIC NV 10P, con protezioni 27, 59, 81S max, 81s min, 59 Vo.

7. Linea elettrica interrata MT

La linea interrata MT a 30 kV sarà realizzata per connettere l'impianto (dalla CdS) alla Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, che sarà realizzata in prossimità della SE TERNA 150/380 kV "Brindisi Sud". Il cavidotto sarà realizzato, per quanto possibile, al lato di strade esistenti, cercando di invadere il meno possibile i terreni privati.

8. Rete di terra dell'Impianto e delle Cabine elettriche

L'impianto di terra dell'Impianto fotovoltaico sarà quindi costituito da:

- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq, posata ad una quota non inferiore a 0,50 m da piano di campagna;

- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mm² posizionato sul perimetro di ciascuna cabina di Campo e della Cabina di Smistamento, collegato poi all'anello perimetrale di cui al punto precedente;
- una rete di corda di rame 50 mm² per il collegamento a terra delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici nonché degli inverter. La corda di rame sarà posata sul fondo dello scavo della rete interna delle vie cavi BT, quindi seguirà il suo stesso schema;
- una corda di rame nudo da 50 mm², posata nel cavidotto esterno MT, per il collegamento di terra dalla Cabina di Smistamento alla SSE Utente.

Quanto sopra riportato è dettagliatamente descritto negli elaborati grafici di progetto concernenti la rete di terra dell'impianto fotovoltaico.

La realizzazione dell'impianto di terra dei fabbricati **Cabine di Campo** e **Cabina di Smistamento** consisterà nelle seguenti attività:

- Installazione di collettori di terra in piatto di rame 60x6 mm sulle pareti;
- Esecuzione delle derivazioni di messa a terra delle masse metalliche fisse verso i collettori, con piatto di rame 40x3 mm;
- Connessioni di continuità elettrica delle carpenterie mobili, con conduttori flessibili di sezione:
 - 50 mm² per la messa a terra dei pannelli mobili (ante di celle ed armadi);
 - 70 mm² per la messa a terra delle parti mobili tipo aste di manovra.
- Posa e collegamento, con doppio cavo in rame da 70mmq, alla rete di terra del fabbricato che sarà, a sua volta, così costituita:
 - anello perimetrale di forma rettangolare in corda di rame nudo di sezione 50 mmq a 7 fili elementari posata a quota -0,65 m, con sviluppo totale L_P del conduttore perimetrale pari a:
 $L_P = 45 \text{ m}$
 - n. 4 dispersori puntuali a picchetto in profilato di acciaio, di lunghezza pari a 1,5 m, posizionati in prossimità dei vertici dell'anello. In alternativa potranno essere utilizzati n. 4 dispersori a piastra in acciaio zincato di lato pari a 0,6 m.

L'installazione dei collettori di terra e delle derivazioni alle masse metalliche dovrà essere opportunamente distanziata dalla parete mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC.



Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno ai fabbricati dovranno essere verniciate sulle parti a vista, in GIALLO con strisce VERDI, oppure con il simbolo di terra (verniciato o prestampato, ben adesivo e resistente).

9. Sottostazione Elettrica Utente

L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico viene raccolta nella CdS e convogliata verso la Sottostazione Elettrica Utente (tramite linea interrata MT a 30 kV), dove è effettuata la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna dell'energia. La SSE sarà realizzata in prossimità del punto di connessione, con collegamento alla RTN in cavo. Come detto, la SSE farà parte di un complesso di 3 Sottostazioni Produttori, che tramite un sistema di Sbarre AT, realizzato in modo tale da permettere il collegamento (allo stesso stallo della SE TERNA) di altri utenti attivi (produttori). Più precisamente, il collegamento tra lo stallo dedicato nella SE TERNA "Brinidisi Sud" ed il sistema di sbarre a 150 kV innanzi detto, avverrà in cavo interrato AT a 150 kV.

Per la connessione della SSE di trasformazione MT/AT alla SE Terna, sarà utilizzato un cavo AT, anch'esso interrato, che partendo dallo stallo all'interno della nuova SSE, correrà lungo un percorso di 200 m circa, su terreni agricoli.

Il cavo avrà le seguenti principali caratteristiche tecniche:

- Conduttore: Alluminio
- Isolamento: XLPE
- Guaina: Alluminio termofuso
- Diametro conduttore 48,9 mmq
- Sezione del conduttore: 1600 mmq
- Spessore del semiconduttore interno: 2 mm
- Spessore medio isolante: 15,8 mm
- Spessore del semiconduttore esterno: 1,3 mm
- Spessore guaina metallica (circa): 0,6 mm
- Spessore guaina: 4 mm
- Diametro esterno nominale: 100 mm
- Sezione schermo: 180 mmq
- Peso approssimativo: 10 kg/m
- Massima tensione di funzionamento: 170 kV
- Messa a terra degli schermi – posa a trifoglio o posa in piano: assenza di circolazioni



- Portata di corrente posa a trifoglio, cavi interrati a 30°C: 970 A
- Portata di corrente posa in piano, cavi interrati a 30°C: 1050 A
- Massima elettrica del conduttore a 20°C in c.c.: 0,019 Ohm/km
- Capacità nominale: 0,3 microF/km
- Corrente ammissibile di corto circuito: 20 kA
- Tensione operativa 150 kV

La terna di cavi sarà posata all'interno di una trincea avente profondità di 1,5 m. I cavi saranno posati su letto di sabbia e completamente annegati essi stessi nella sabbia.

Data la brevità del percorso non sono previsti giunti intermedi.

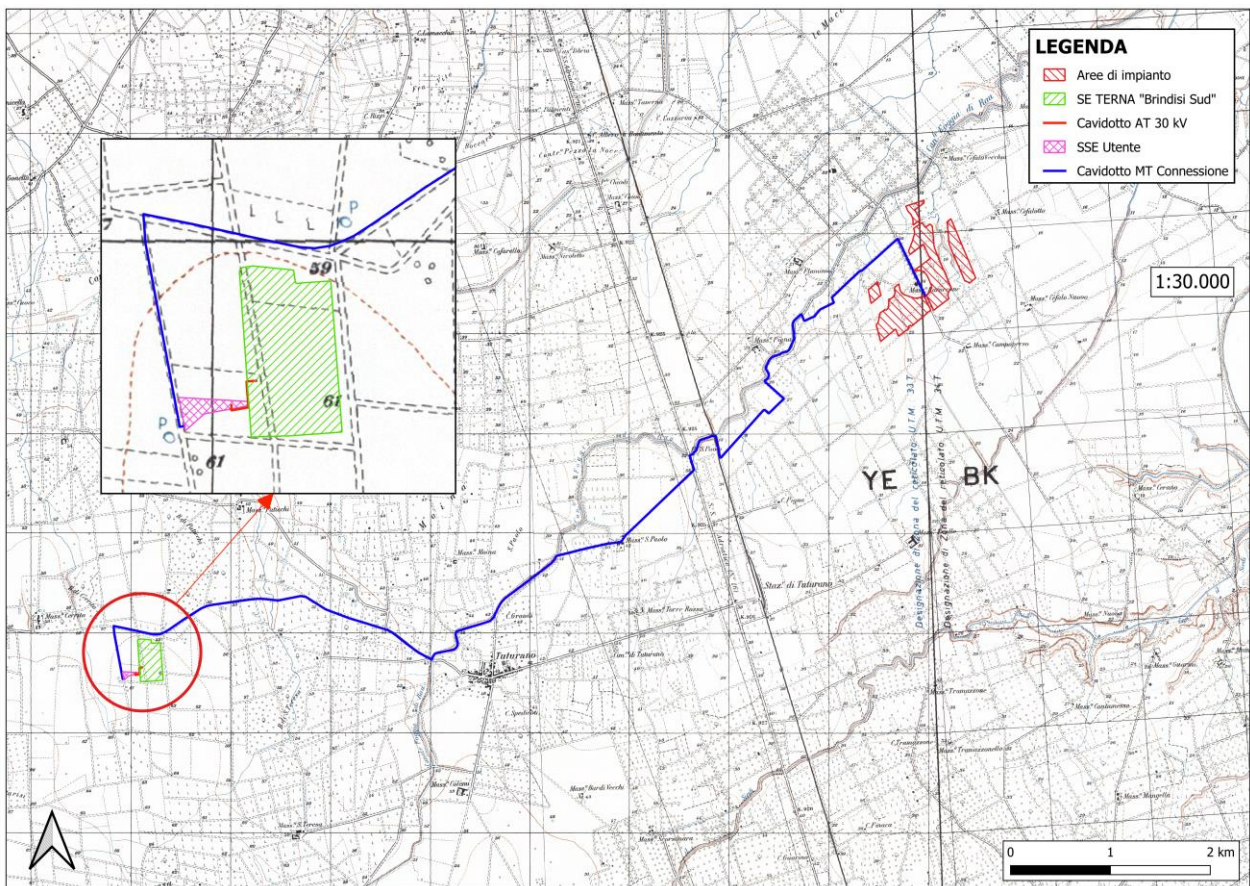
I terminali saranno realizzati con schermi messi a terra da entrambi i lati (SSE e SE Terna)

Si prevede che la SSE occupi complessivamente una superficie di 1.200 m² circa, per l'installazione del trasformatore, dello stallo AT e dell'edificio locali tecnici.

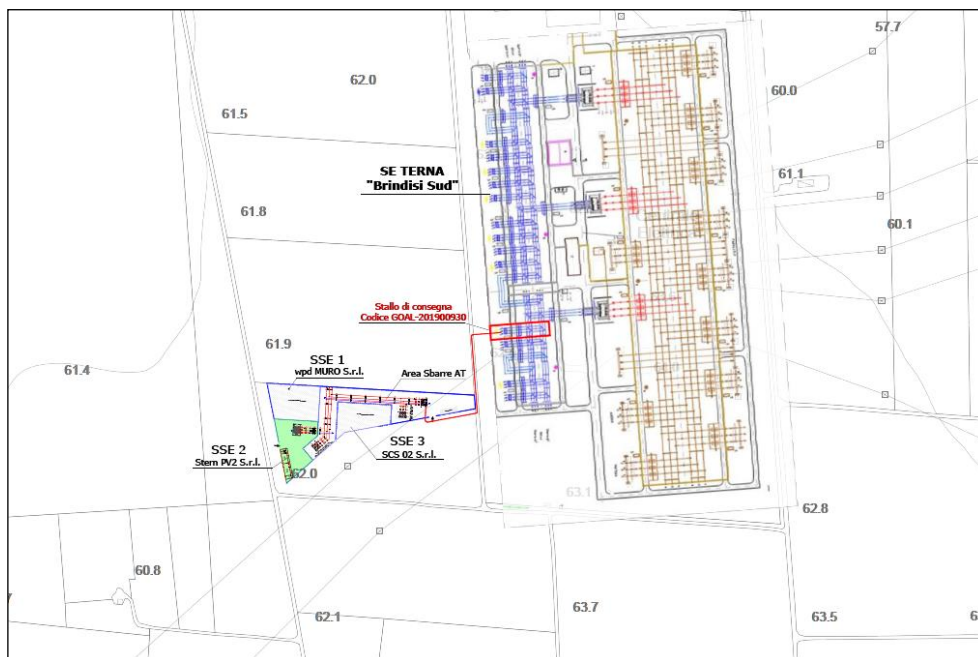
L'area sarà recintata perimetralmente con recinzione realizzata con moduli in cls prefabbricati "a pettine" di altezza pari a 2,5 m circa. L'area sarà dotata di ingresso carrabile e pedonale.

I componenti elettrici principali della SSE Utente sono:

- il quadro MT
- il trasformatore MT/AT – 30/150 kV
- le apparecchiature AT di protezione e controllo.



Inquadramento su IGM Impianto e opere di Connesione alla SE Terna "Brindisi Sud"



Inquadramento su CTR SSE Utente e SE Terna "Brindisi Sud"



9.1. Quadro MT

Sarà installato in apposito locale nell'ambito dell'edificio facente parte della SSE Utente, si compone di:

- interruttore Linea – dalla CdS (impianto fotovoltaico);
- protezione trasformatore ausiliari;
- interruttore generale;
- sezionatore;
- arrivo linea da trasformatore MT/AT (150/30 kV);
- scomparto misure/ TV sbarra.

Si tratta di un quadro MT 36 kV di tipo protetto (più una risalita sbarre). Per quanto riguarda il trasformatore dei Servizi Ausiliari (SA) è prevista l'installazione un trasformatore da 50 kVA.

Il quadro sarà in esecuzione da interno, di tipo protetto, realizzato in lamiera d'acciaio con spessore minimo 2 mm, saldata, ripiegata e rinforzata opportunamente, sarà completo di sbarre principali e di derivazione dimensionate secondo i carichi e le correnti di corto circuito.

Ciascuno scomparto sarà composto dalle seguenti celle segregate tra loro:

- cella interruttore MT, allacciamento cavi e sezionatore di terra con porta esterna di accesso cernierata;
- cella sbarre omnibus (comune per tutto il quadro);
- cella per circuiti ausiliari BT con porta esterna di accesso cernierata.

Nei quadri saranno inseriti tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre, che possano compromettere l'efficienza delle apparecchiature e la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto.

A valle del trasformatore ausiliari sarà installato un quadro BT utilizzato per l'alimentazione di tutte le utenze BT della SSE Utente.

9.2. Trasformatore MT/AT

Per la trasformazione di tensione 30/150 kV sarà utilizzato un trasformatore trifase con avvolgimenti immersi in olio, da esterno, di potenza nominale pari a 40/50 MVA, munito di variatore di rapporto sotto carico (150+/- 10 x 1,25%), con neutro ad isolamento pieno verso terra, gruppo vettoriale YNd11, esercito con il centro stella lato AT non collegato a terra, ma comunque accessibile e predisposto al collegamento futuro se necessario e/o richiesto.

Le principali caratteristiche elettriche del trasformatore sono riportate nella scheda seguente:



Potenza nominale (ONAN/ONAF)	MVA	40/50		
Frequenza	Hz	50		
Rapporto di trasformazione a vuoto	kV	150 ± 12 x 1,25% / 31		
Collegamenti		Stella con neutro / Triangolo		
Gruppo vettoriale		YNd11		
Caratteristiche elettriche riferite alla potenza		40 MVA	50 MVA	
perdite a vuoto a Vn nominale	kW	21,6	21,6	
perdite nel rame a 75°C, rapporto nominale	kW	166,5	260,2	
tensione di c.c. a 75°C, rapporto nominale	%	12,0	15,0	
Indice di Efficienza di Picco PEI¹	%	99,7001		
Sovratemperature:				
temperatura max. ambiente	°C	40		
sovratemperatura max. olio	K	60		
sovratemperatura media avvolgimenti	K	65		
Tensioni di prova:				
tipo di isolamento		AT	Neutro	MT
impulso 1,2 / 50 □sec	kV	650	650	170
tensione indotta	kV	300	-	Consequente
tensione applicata	kV	275	275	70
Terminali esterni:				
posizione isolatori sul lato cassa		Lungo	Corto	Corto
tipo		Condensatore		Ceramico
quantità	n°	3	1	3
tensione nominale	kV	170	170	36
corrente nominale	A	800	800	1.250
Pesi e dimensioni preliminari:				
Peso Olio	Kg	16.500		
Peso Parte estraibile	Kg	33.000		
Peso Totale	kg	61.400		
Lunghezza	mm	7.450		
Larghezza	mm	4.050		
Altezza	mm	4.550		

9.3. Apparecchiature AT

Le apparecchiature AT, dello stallo utente, saranno collegate tra di loro tramite conduttori rigidi o flessibili in alluminio.

A partire dal trasformatore, la disposizione elettromeccanica delle apparecchiature AT sarà la seguente:

1. Scaricatori di sovratensione tensione – n. 3
2. Trasformatori di corrente in SF6 (TA di misura e protezione) – n. 3
3. Interruttore tripolare in SF6
4. Trasformatori di tensione induttivi (TVI) – n. 3
5. Sezionatore a doppia apertura con lame di terra

¹secondo Regolamento (UE) n. 548/201 della Commissione Europea – Fase 1



6. Colonnino per sostegno cavi AT – n. 3

Dai sostegni a colonnino partirà la linea in cavo interrato a 150 kV, che si attesterà nel nodo della RTN su cui avverrà la connessione.

Per tutte le apparecchiature AT saranno considerati i seguenti dati di progetto:

Condizioni ambientali

Tipo di installazione	Esterna 2
Zona sismica	ZONA 4
Elevazione del sito	< 1000 m.s.l.
Massima temperatura ambiente di progetto	40°C
Minima temperatura ambiente di progetto	-10°C
Umidità relativa progettuale di riferimento	max 95 %, media 90 %
Grado di inquinamento	Atmosfera non polluta

9.4. Rete di terra

La rete di terra della SSE utente sarà estesa a tutta l'area recintata. L'impianto sarà costituito essenzialmente da una maglia realizzata con corda di rame nuda di sezione 50/63 mmq, posta ad intimo contatto con il terreno ad una profondità di circa 80 cm dal piano campagna. Le maglie saranno quadrate, regolari e il dimensionamento del lato della maglia dipenderà dalla corrente di guasto a terra che sarà comunicata da TERNA prima della realizzazione dell'impianto e sarà tale da limitare le tensioni di passo e contatto a valori non pericolosi così come previsto dalla Norma CEI 11-1. La maglia sarà infittita in corrispondenza delle apparecchiature AT ed in generale nei punti con maggiore gradiente di potenziale. Inoltre, la maglia sarà collegata ai ferri di armatura dei plinti di fondazione delle apparecchiature e del locale tecnico in più punti. Il collegamento ai ferri dei plinti è consentito dalla norma e non provoca alcun tipo di danno (corrosione) ai ferri di armatura stessi. Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante due o quattro corde di rame (sezione tipica 125 mmq). Prima dell'installazione dell'impianto di terra sarà effettuata una misura della resistività del terreno e, una volta realizzata la rete di terra, sarà effettuata una misura di verifica per testare una eventuale necessità di irrobustimento della rete di terra stessa con l'adozione di accorgimenti specifici (picchetti aggiuntivi, aumento della magliatura).



9.5. Protezioni

Come previsto dal Codice di Rete pubblicato l'Utente produttore dovrà stipulare prima dell'entrata in esercizio dell'impianto un Regolamento di Esercizio che conterrà la regolamentazione tecnica di dettaglio del collegamento del proprio impianto alla Rete AT, nonché dei rapporti di tutti i soggetti interessati al collegamento stesso.

Il coordinamento e la definizione delle tarature delle protezioni saranno definiti di concerto con TERNA. Il Produttore sarà responsabile dei valori di taratura forniti e imposti da TERNA, ed in ogni caso varrà il principio che qualunque guasto e/o anomalia dell'impianto di produzione, che potrebbe avere ripercussioni pericolose sulla rete AT, dovrà provocare automaticamente l'esclusione della sezione di impianto guasto, nel minimo tempo compatibile con gli automatismi di impianto. Inoltre, in caso di cortocircuito sulla Rete AT i generatori del Produttore dovranno trovarsi predisposti con i loro sistemi di protezione in modo da separarsi dalla rete nei modi e nei tempi previsti dai piani di taratura.

Lo stato delle protezioni sarà periodicamente monitorato dal Produttore, allo scopo di garantire il corretto funzionamento delle apparecchiature.

10. Esercizio dell'impianto

Tutte le attività di gestione dell'impianto del Produttore saranno effettuate da personale specializzato e specificatamente addestrato, raggiungibile tramite numeri di telefonia fissa, eventuali dispositivi cellulari avranno funzione di riserva. Un elenco nominativo del personale sarà fornito dal Produttore a TERNA e tenuto costantemente aggiornato in caso di variazioni. L'impianto sarà condotto da detto personale 24 ore su 24, per tutti i giorni dell'anno.

In condizioni normali di esercizio i gruppi di generazione del produttore saranno eserciti in parallelo con la rete, pertanto i montanti 189U, 152TR e 52TR saranno di norma chiusi, detti montanti, inoltre potranno essere telecomandati da personale del Produttore.

L'esercizio dell'impianto in stato di emergenza ed il relativo ripristino sarà dettagliatamente definito in sede di stesura del Regolamento di Esercizio.

L'impianto fotovoltaico di generazione e i relativi macchinari e apparecchiature saranno progettati, costruiti ed eserciti per restare in parallelo in condizioni normali di esercizio, di emergenza e di ripristino della rete.

In tali condizioni l'impianto di generazione dovrà garantire:



- la regolazione di potenza attiva;
- la regolazione di potenza reattiva;
- l'inserimento graduale della potenza immessa in rete.
- Il Capitolo 4 del Codice di Rete (Regole per il Dispacciamento) prevede che gli Utenti del Dispacciamento delle Unità di Produzione localizzate nei poli di produzione limitata debbano dotarsi di dispositivi di telescatto e/o teleriduzione. Pertanto, essendo la centrale in oggetto appartenente a un Polo di Produzione limitato, in caso di apertura su evento (scatto) delle linee afferenti al polo limitato, i gruppi generatori potranno essere automaticamente disconnessi e/o sottoposti a ridurre la propria produzione con interventi mirati a minimizzare le conseguenze dell'evento e a ripristinare la sicurezza del sistema elettrico.
- Per consentire a TERNA il controllo in tempo reale della rete elettrica, saranno installate le apparecchiature necessarie al prelievo e alla trasmissione al Sistema di controllo di TERNA delle tele-informazioni dettagliatamente definite in sede di Regolamento di Esercizio.
- L'installazione dell'UPDM, sarà definita di concerto con TERNA.
- In caso di avaria del sistema di prelievo e/o trasmissione dati, su richiesta di TERNA, il Produttore invierà giornalmente, via e-mail o tramite fax, i valori orari della potenza attiva e reattiva misurati lato 150kV.

11. Misure e loro sistemi di trasmissione – RTU

Il sistema di misura dell'energia prodotta e scambiata dall'impianto fotovoltaico in progetto è costituito da:

- Un Gruppo di Misura nel punto di consegna AT, installato nella SSE Utente, per l'energia ceduta;
- Un Gruppo di Misura per l'energia ceduta a monte del Trasformatore, quindi in MT;
- Un Gruppo di Misura per i consumi ausiliari della Stazione Utente.

11.1. Misure dell'energia scambiata con la RTN

Nella SSE Utente è installato il **GdM** bidirezionale per la misura dell'energia scambiata con la RTN.



Il Gruppo di Misura sarà costituito da:

- N.1 AdM principale
- N. 1 AdM di riscontro
- N.3 TA
- N.3 TV
- N.1 dispositivo di comunicazione

La realizzazione complessiva del sistema di misura è conforme alle prescrizioni del documento TERNA INSPX3 “Specifica Tecnica Funzionale e Realizzativa delle Apparecchiature di Misura”. Gli Apparecchi di Misura (**AdM**) saranno installati in un quadro (Quadro Misure - QMIS), ubicato in locale dedicato (Locale Misure) nell’ambito dell’edificio della SSE. Nel Quadro Misure sono installate le morsettiere UTF sigillabili.

I tre TA (uno per fase) sono inseriti in serie sulle sbarre principali AT della SSE Utente. Per ogni singolo TA avremo fino a quattro secondari di cui uno esclusivamente utilizzato per le misure fiscali. Questo secondario sarà sigillabile nel quadro a bordo TA e sulla morsettiera del Quadro Misure. Saranno anche sigillate le tre resistenze zavorra utilizzate per le misure amperometri che ed installate nel Quadro Misure.

I tre TV (uno per fase) obbligatoriamente di tipo induttivo ed ad uso esclusivo per le misure, saranno inseriti tra fase e terra sempre sulle sbarre principali AT della SSE.

I contatori saranno corredati di dispositivi di comunicazione che consentono la lettura da remoto ed il collegamento con il SAPR del Gestore di Rete.

11.2. Misura consumi ausiliari Stazione Utente

Nella Stazione Utente sarà installato inoltre un GdM per la misura dei consumi degli ausiliari di Stazione, costituito da:

- N.1 AdM
- N.3 TA

Tutte le apparecchiature saranno installate all’interno del Quadro Servizi Ausiliari (QSA).

L’AdM è sigillabile, così come la morsettiera di prova e le calotte dei tre TA, che saranno inseriti in serie a valle del Trasformatore ausiliari e a monte dell’interruttore generale servizi ausiliari.

11.3. Teletrasmissione delle misure - RTU

In ottemperanza ai dettami delle Guide Tecniche, TERNA acquisirà dall’impianto di produzione le informazioni che possono essere utili al fine del corretto funzionamento della rete AT, ovvero:



- Telemisure:
 - Dal montante AT 150kV in partenza verso SE TERNA - I (una Fase), V (una concatenata presa dal TVP. che deve essere pari a 0 se è aperto il 152L (ovvero il 189L), $\pm P$ e $\pm Q$.
 - Dal montante AT 150kV TR - $\pm P$, $\pm Q$ e posizione della tacca del VSC del Trasformatore (scala assoluta da 1 a 21).

Relativamente ai versi delle potenze e secondo le usuali convenzioni di TERNA la potenza attiva e la potenza reattiva induttiva sono con segno positivo se uscenti dalla sbarra;

- Tele segnali: stato dell'interruttore AT 152TR criterizzato con il sezionatore 189U.

Tali informazioni saranno trasmesse alle unità operative di TERNA, secondo quanto definito nel Regolamento di Esercizio.

Per poter effettuare la trasmissione è prevista una Unità Remota (RTU), installata nel locale quadri BT dell'edificio utente, avente il compito di gestire la comunicazione con TERNA, acquisire i dati locali di I/O.