

PROPONENTE: **AME ENERGY S.r.l.**

Via Pietro Cossa, 5 20122 Milano (MI) - ameenergysrl@legalmail.it - PIVA 12779110969

REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI POTENZA
COMUNE DI BANZI

Titolo del Progetto:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO UBICATO NEL COMUNE DI BANZI (PZ) IN LOC. "LA ROCCA", CON POTENZA DI PICCO PARI A 25,1 MW_p E OPERE CONNESSE RICADENTI NEI COMUNI DI BANZI (PZ) E PALAZZO SAN GERVASIO (PZ)

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

BANPV-T014

ID PROGETTO:	255	DISCIPLINA:	PD	TIPOLOGIA:	R	FORMATO:	A4
--------------	------------	-------------	-----------	------------	----------	----------	-----------

Elaborato:

RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA OPERE ELETTRICHE

FOGLIO:	63	SCALA:	-	Nome file:	BANPV-T014.docx
---------	-----------	--------	----------	------------	------------------------

Progettazione:

IPROJECT S.R.L.



**Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti
ad Energia Rinnovabile**

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI)

P.IVA 11092870960-PEC: i-project@legalmail.it

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA)

-mail: a.manco@iprojectsrl.com

Cell: 3384117245

Progettista: Arch. Antonio Manco



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	24/11/2023	Prima emissione	Ing. Vincenzo Oliveto	Arch. Antonio Manco	Arch. Antonio Manco

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Produttività Energetica dell'impianto	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	TERMINOLOGIA	9
4	CRITERI DI PROGETTAZIONE E SOLUZIONI DI CALCOLO	11
4.1	Impianto fotovoltaico	11
4.1.1	Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico	12
4.1.2	Moduli fotovoltaici	15
4.1.3	Inverter	16
4.1.4	Cabine di trasformazione	16
4.1.5	Cabina di controllo.....	20
4.1.6	Cabina di Smistamento.....	21
4.1.7	Collegamenti elettrici	24
4.1.8	Trackers	26
4.2	Sistema di sorveglianza dell'impianto	27
4.3	Illuminazione	28
4.4	Sistema di monitoraggio per il controllo dell'impianto.....	28
4.4.1	Rete fibra ottica.....	30
4.4.2	Impianto di monitoraggio: anemometro.....	31
4.5	Cavidotto MT	31
4.5.1	Cavidotto MT interno parco	31
4.5.2	Cavidotto MT esterno parco.....	34
4.5.3	Cavidotto BT e linee CC interno parco.....	35
4.6	Dimensionamento protezioni di campo	35
4.7	Protezione contro i contatti diretti.....	36
4.7.1	Impianto di terra.....	36
4.8	Protezione contro i fulmini.....	38
4.8.1	Impianto fotovoltaico a terra	40
4.9	Interferenze cavidotti con opere infrastrutturali	41
4.9.1	Le tecnologie no-dig	41

4.9.2	Interferenza cavidotto interrato con linee di energia, telecomunicazioni e condutture interrate	43
4.9.3	Parallelismi e incroci fra cavi elettrici.....	43
4.9.4	Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione	43
4.9.5	Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche.....	44
4.9.6	Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti	44
4.10	Sistema di allacciamento alla rete AT e relative protezioni.....	44
4.11	Sistema di Misura.....	44
5	OPERE ELETTRICHE DA REALIZZARE PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN)	46
5.1	Sottostazione elettrica 30/150 kV	46
5.2	Ubicazione dell'opera.....	47
5.3	Caratteristiche della parte di potenza.....	47
5.4	Caratteristiche delle principali apparecchiature	49
5.5	Sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo.....	56
5.6	Opere civili.....	57
5.7	Collegamento alla Stazione RTN.....	59
5.7.1	Cavidotto interrato AT.....	60
6	VERIFICHE DI COLLAUDO.....	63

1 INTRODUZIONE

La presente relazione si propone di illustrare sinteticamente i criteri ed i procedimenti assunti alla base dell'elaborazione progettuale delle opere elettriche a servizio di un parco agrivoltaico ubicato in Basilicata e si propone di definire i parametri indispensabili alla definizione dei criteri e dei procedimenti di progettazione.

Il parco agrivoltaico sarà realizzato nel Comune di Banzi (PZ) con opere connesse ricadenti nei Comuni di Banzi (PZ) e Palazzo San Gervasio (PZ). Risulta catastalmente distinto al foglio 4, p.lle 76, 77, 81, 648, 117, 132 e 128 ed al foglio 5, p.lle 91, 175, 95, 116, 196, 119, 117, 44 e 55 per un'estensione di circa 42 ettari.

Le aree interessate all'installazione dei pannelli fotovoltaici presentano una morfologia ondulata con lievi pendenze e i terreni sono prevalentemente coltivati a seminativo non irriguo.

L'impianto risulta suddiviso in sei sottocampi con le caratteristiche indicate in tabella sottostante:

PROGETTO FOTOVOLTAICO - DATI GENERALI												
	Cabine Trasformazione	Struttura 26 moduli	Moduli	Potenza modulo [kW]	Numero di stringhe	Numero inverter	Potenza inverter AC [kW]	Stringhe per inverter			Potenza Totale DC [kW]	Potenza Totale AC [kW]
								Inverter	Stringhe	Totali		
Cabina di smistamento	CT1	296	7696	0,705	296	16	350	8	19	152	5425,68	5600
								8	18	144		
	CT2	297	7722	0,705	297	16	350	9	19	171	5444,01	5600
								7	18	126		
	CT3	197	5122	0,705	197	11	350	1	17	17	3611,01	3850
								10	18	180		
	CT4	164	4264	0,705	164	10	350	4	17	68	3006,12	3500
								6	16	96		
	CT5	208	5408	0,705	208	12	350	4	18	72	3812,64	4200
								8	17	136		
	CT6	208	5408	0,705	208	12	350	4	18	72	3812,64	4200
								8	17	136		
TOTALI		1370	35620		1370	77		77		1370	25112,1	26950

Caratteristiche Impianto

- Tipo utenze: generatori fotovoltaici interfacciati alla rete a mezzo inverter.
 - Generatori fotovoltaici da 0,705 kWp
 - Potenza totale di picco: 25.1 MWp
- Tensione nominale rete A.T.: 150 kV.
- Condutture elettriche: direttamente interrate con eventuale protezione addizionale (elementi di resina).
- Tipo cavo: unipolare con conduttore di alluminio.
- Tipo selettività dispositivi di interruzione: cronometrica.
- Corrente di cortocircuito: non comunicata da parte di TERNA.

-
- Corrente Massima di Terra: non comunicata da parte di TERNA.
 - Tempo di intervento delle protezioni: non comunicata da parte di TERNA.
 - Fornitura: in cavo, in futura SE RTN 150/36 kV – Sezione a 150 kV.

I carichi elettrici di progetto risultano particolarmente gravosi come evidenziato nella sezione di caratterizzazione dedicata. La potenza totale massima risulta pari a 25.1 MWp. Dall'esame accurato della distribuzione, della potenza e della natura dei carichi elettrici si è proceduto alla determinazione della struttura generale dell'impianto, come esplicitamente indicata nelle elaborazioni grafiche e descrittive di progetto.

Il sistema di distribuzione è di tipo misto, ovvero si può considerare di tipo IT per il campo fotovoltaico e di tipo TN/TT per la parte di rete. Si stabiliscono per i percorsi delle linee le modalità di protezione meccanica, l'isolamento e la costituzione dei relativi cavi, come riportato nei documenti di progetto.

1.1 PRODUTTIVITÀ ENERGETICA DELL'IMPIANTO

L'iniziativa progettuale è stata progettata in un'ottica di Grid Parity, pertanto l'energia prodotta stimata può garantire la realizzabilità dell'opera anche in assenza di incentivi statali.

Si riporta uno stralcio della producibilità dell'impianto elaborata mediante il software di simulazione PVSyst 7.4.

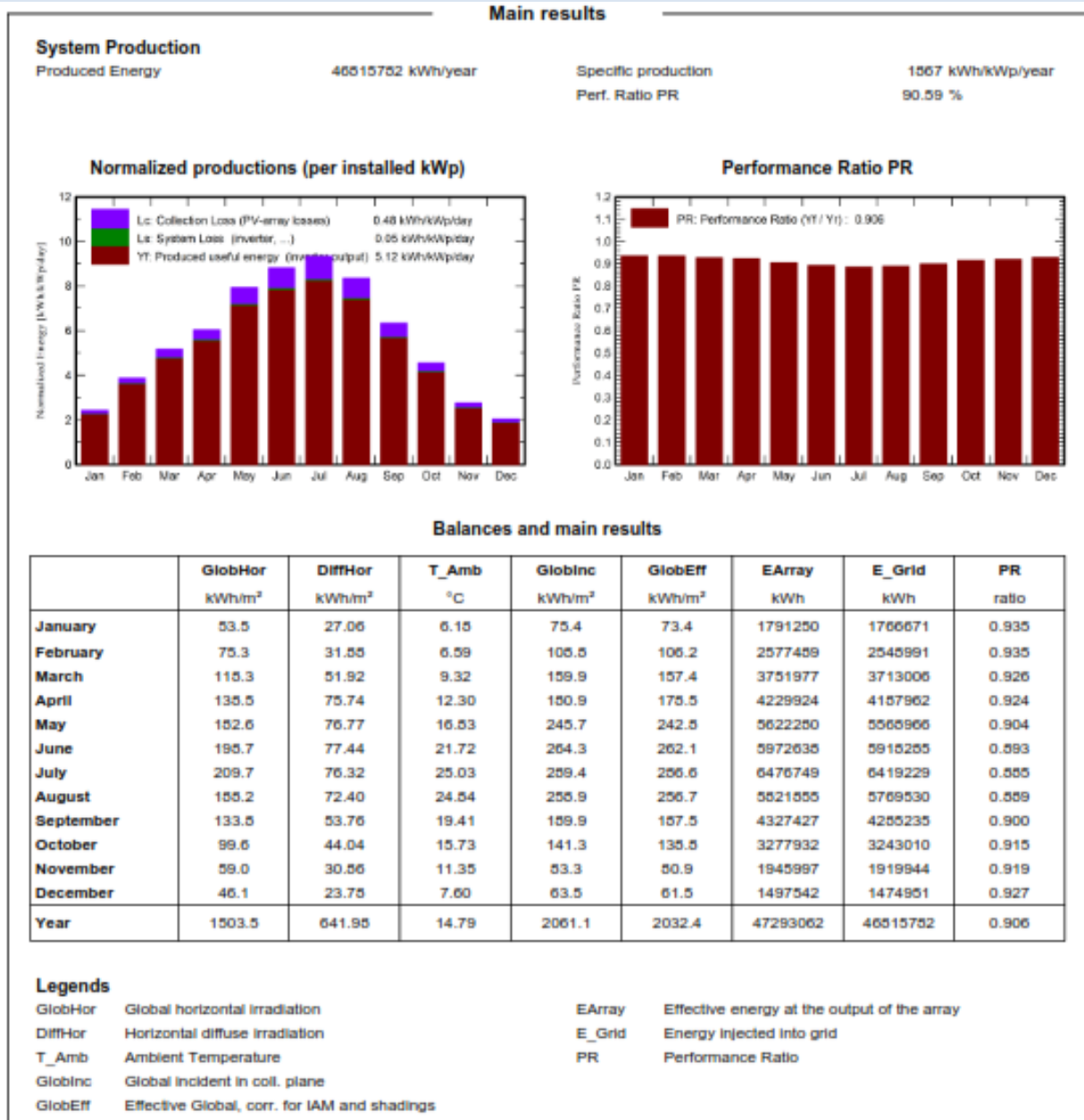


Figura 1: Report producibilità da PVSyst

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalla Legge n. 186 del 1° marzo 1968 e ribadito dal DM n. 37 del 22 gennaio 2008. Rimane tuttora valido, sotto il profilo generale, quanto prescritto dal D. lgs 81/2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

Le caratteristiche dell'impianto, nonché di tutte le componenti l'impianto, dovranno essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alla prescrizione di autorità locali, comprese quelle dei VVF;
- alla prescrizione ed indicazioni delle Società Distributrice di energia elettrica;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

NORME di RIFERIMENTO

- *CEI 0-16: Regola tecnica per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;*
- *CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua;*
- *CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;*
- *CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;*
- *CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;*
- *CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;*
- *CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;*
- *CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;*
- *CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);*
- *CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;*
- *CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;*

- *CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;*
- *CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);*
- *CEI EN 60099-1-2: Scaricatori;*
- *CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo*
- *CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;*
- *CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;*
- *CEI 81-1: Protezione delle strutture contro i fulmini;*
- *CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;*
- *CEI 81-4: Valutazione del rischio dovuto al fulmine;*
- *CEI 82-25: Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica;*
- *CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici*
- *CEI 0-3: Guida per la compilazione della documentazione per la legge n. 46/1990;*
- *UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;*
- *CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale*
- *CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;*
- *IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.*
- *D. Lgs. 81/08 e successive modificazioni, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;*
- *D.M. 37/08 Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11-quaterdecies comma 13 lett. a della legge n°248 del 02\12\2005 recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;*
- *Norme UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici*
- *Decreto 19 Febbraio 2007, per incentivare la produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici.*
- *Delibera AEEG n. 188/05, per le modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti.*
- *Delibera AEEG n. 40/06, per integrare la deliberazione n. 188/05.*
- *Delibera AEEG n. 88/07, Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione.*
- *Delibera AEEG n. 89/07, Condizioni tecnico economiche per la connessione degli impianti di produzione di energia elettrica alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi a tensione nominale minore o uguale a 1 kV.*

- *Delibera AEEG n. 90/07, Attuazione del decreto del ministro dello sviluppo economico, di concerto con il ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 19 Febbraio 2007.*
- *Delibera AEEG n. 281/05 e s.m.i. Delibere AEEG n.28/06 e n.100/06, Condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con tensione nominale superiore ad 1 kV i cui gestori hanno l'obbligo di connessione di terzi.*
- *DK 5310, Modalità e condizioni contrattuali per l'erogazione da parte di E-DISTRIBUZIONE Distribuzione del servizio di connessione alla rete elettrica con tensione nominale superiore ad 1 kV.*
- *Guida per le connessioni alla rete elettrica di E-distribuzione Distribuzione ed. I Dic. 2008.*
- *CEI PAS 82-93: Impianti agrivoltaici.*
- *Linee Guida in materia di Impianti agrivoltaici – Giugno 2022 elaborato dal Gruppo di lavoro coordinato dal MITE con la partecipazione di: CREA - Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, GSE - Gestore dei servizi energetici S.p.A. ed RSE - Ricerca sul sistema energetico S.p.A.*

Quanto altro previsto dalla vigente normativa di legge, ove applicabile.

3 TERMINOLOGIA

Cella fotovoltaica

Dispositivo semiconduttore che genera elettricità quando è esposto alla luce solare.

Modulo fotovoltaico

Assieme di celle fotovoltaiche elettricamente collegate e protette dagli agenti atmosferici, anteriormente mediante vetro e posteriormente con vetro e/o materiale plastico. Il bordo esterno è protetto da una cornice in alluminio anodizzato.

Pannello fotovoltaico

Un gruppo di moduli fissati su un supporto metallico.

Stringa fotovoltaica

Un gruppo di moduli elettricamente collegati in serie. La tensione di lavoro dell'impianto è quella determinata dal carico elettrico "equivalente" visto dai morsetti della stringa.

Campo fotovoltaico

Un insieme di stringhe collegate in parallelo e montate su strutture di supporto, generalmente realizzate con profilati in acciaio zincato.

Corrente di cortocircuito di un modulo o di una stringa

Corrente erogata in condizioni di cortocircuito, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Tensione a vuoto di un modulo o di una stringa

Tensione generata ai morsetti a circuito aperto, ad una particolare temperatura e radiazione solare.

Caratteristica corrente - tensione di un modulo o di una stringa

Corrente erogata ad una particolare temperatura e radiazione, tracciata quale funzione della tensione di uscita.

Potenza massima di un modulo o di una stringa

Potenza erogata, ad una particolare temperatura e radiazione, nel punto della caratteristica corrente - tensione dove il prodotto corrente - tensione ha il valore massimo.

Condizioni standard di funzionamento di un modulo o di una stringa

Un modulo opera alle "condizioni standard" quando la temperatura delle giunzioni delle celle è 25 °C, la radiazione solare è 1000 W/m² e la distribuzione spettrale della radiazione è quella standard (AM 1,5).

Condizioni operative di funzionamento di un modulo o di una stringa

Un modulo lavora in "condizioni operative" quando la temperatura ambiente è di 20°C, la radiazione di 800 W/m² e la velocità del vento di 1 m/s.

Potenza di picco

Potenza erogata nel punto di potenza massima alle condizioni standard

Efficienza di conversione di un modulo

Rapporto tra la potenza massima del modulo ed il prodotto della sua superficie per la radiazione solare, espresso come percentuale.

Convertitore cc/ca (Inverter)

Convertitore statico in cui viene effettuata la conversione dell'energia elettrica da continua ad alternata, tramite un trasformatore e un ponte a semiconduttori, opportuni dispositivi di controllo, che permettono di ottimizzare il rendimento del campo fotovoltaico.

4 CRITERI DI PROGETTAZIONE E SOLUZIONI DI CALCOLO

Ai fini di un corretto funzionamento di un impianto fotovoltaico e dell'ottimizzazione dei rendimenti, la fase progettuale gioca un ruolo fondamentale. Infatti, scegliere in maniera corretta la struttura dell'impianto e le caratteristiche dei suoi componenti è determinante per ottimizzare la produzione di energia, limitando i fuori servizi, e aumentare, di conseguenza, la redditività dell'investimento.

Quindi i punti fondamentali sui quali si è focalizzata l'attenzione progettuale sono stati:

- scelta delle apparecchiature idonee alle esigenze dell'impianto;
- ubicazione dell'impianto e opportuna suddivisione in sottocampi;
- dimensionamento delle apparecchiature da utilizzare in modo da ottimizzare il rapporto qualità/prezzo.

In merito ai punti su esposti, fra le tre tipologie disponibili ad oggi sul mercato di pannelli in silicio (monocristallino, policristallino, amorfo) si è scelto il silicio monocristallino, in quanto presenta efficienze più alte a parità di superficie occupata.

Per gli inverter si è scelto di optare per un sistema di inverter di stringa che permettono una maggiore sezionabilità dell'impianto.

Per quanto riguarda le strutture di sostegno dei moduli si è scelto di utilizzare tecnologie ad inseguimento monoassiale che permettono di aumentare significativamente la redditività degli impianti. L'inseguimento solare est-ovest ha l'obiettivo di massimizzare l'efficienza energetica e i costi di un impianto fotovoltaico a terra che impiega pannelli fotovoltaici in silicio cristallino. Questo obiettivo è stato raggiunto con un singolo prodotto che unisce i vantaggi di una soluzione ad inseguimento solare con semplicità di installazione e manutenzione. Il tracker orizzontale monoassiale, che utilizza dispositivi elettromeccanici, segue il sole tutto il giorno, da est a ovest sull'asse di rotazione orizzontale nord-sud ruotando rispetto alla posizione orizzontale di 55°/60° a seconda del produttore.

4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Tenuto conto della superficie disponibile e della tecnologia ad oggi disponibile sul mercato, si stima una potenza installabile di circa 25,1 MWp.

I moduli saranno organizzati in stringhe al fine di ottimizzare sia la disposizione dei moduli, sia la struttura metallica di sostegno degli stessi. Le stringhe convoglieranno in inverter di stringa. Le uscite degli inverter saranno poi canalizzate in cabine di trasformazione che porteranno la tensione dell'impianto da 800 V a 30 kV.

Data l'estensione dell'impianto, le cabine di trasformazione saranno dislocate nei sei sottocampi in cui è diviso l'impianto. In ogni cabina di trasformazione sarà presente un quadro di bt che raccoglierà i cavi provenienti dagli inverter di stringa del sottocampo, un trasformatore in olio bt/MT che eleverà la tensione a 30 kV di potenza variabile a seconda del sottocampo servito, un Quadro MT con relè di protezione elettronico con protezioni implementate 50, 51, 51N. Le cabine di trasformazione saranno collegate all'interno delle diverse aree tra di loro in entra-esci. Le suddette cabine afferiranno ad una cabina di smistamento che si attesterà in una SE 30/150 kV Utente e da questa ad una futura SE 150/36 kV RTN di TERNA.

Per ulteriori dettagli e per una visione generale del sistema elettrico si rimanda allo schema unifilare generale.

4.1.1 Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico

I moduli fotovoltaici previsti per tale impianto sono in silicio monocristallino da 705 W_p. L'impianto sarà suddiviso in sei sottocampi per ognuno dei quali è previsto l'utilizzo di una o più stazioni di trasformazione dell'energia elettrica nella quale convoglierà l'energia convertita dagli inverter di stringa.

Definito il layout di impianto (soluzione con inverter di stringa) il numero di moduli della stringa e il numero di stringhe da collegare in parallelo, sono stati determinati coordinando opportunamente le caratteristiche dei moduli fotovoltaici con quelle degli inverter scelti, rispettando le seguenti quattro condizioni:

1. la massima tensione del generatore fotovoltaico deve essere inferiore alla massima tensione di ingresso dell'inverter;
2. la massima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima tensione del sistema MPPT dell'inverter;
3. la minima tensione nel punto di massima potenza del generatore fotovoltaico non deve essere inferiore alla minima tensione del sistema MPPT dell'inverter;

4. la massima corrente del generatore fotovoltaico non deve essere superiore alla massima corrente in ingresso all'inverter.

Per la verifica delle suddette condizioni sono state applicate le formule di seguito riportate.

Verifica della condizione 1

La massima tensione del generatore fotovoltaico è la tensione a vuoto di stringa calcolata alla minima temperatura di funzionamento dei moduli, in genere assunta pari a:

- -10 °C per le zone fredde;
- 0 °C per le zone meridionali e costiere.

La tensione massima del generatore fotovoltaico alla minima temperatura di funzionamento dei moduli si calcola con la seguente espressione:

$$U_{FV(\theta_{min})} = N_s * U_{modulo(\theta_{min})}$$

dove

N_s è il numero di moduli che costituiscono la stringa

$U_{modulo(\theta_{min})}$ è la tensione massima del singolo modulo alla minima temperatura di funzionamento.

Quest'ultima può essere calcolata con la seguente espressione:

$$U_{modulo(\theta_{min})} = U_{OC(25^{\circ}C)} - \beta * (25 - \theta_{min})$$

dove

$U_{OC(25^{\circ}C)}$ è la tensione a vuoto del modulo in condizioni standard il cui valore viene dichiarato dal costruttore

β è il coefficiente di variazione della tensione con la temperatura, anch'esso dichiarato dal costruttore.

Deve risultare pertanto:

$$U_{FV(\theta_{min})} \leq U_{inverter}$$

essendo U_{max} inverter la massima tensione in ingresso all'inverter, deducibile dai dati di targa.

Verifica della condizione 2

La massima tensione del generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza rappresenta la tensione di stringa calcolata con irraggiamento pari a 1000 W/m^2 , e può essere calcolata con la seguente espressione:

$$U_{MPPTFV(\theta_{min})} = N_s * U_{MPPT \text{ modulo}(\theta_{min})}$$

dove:

N_s è il numero di moduli collegati in serie;

$U_{MPPT \text{ modulo}(\theta_{min})}$ è la massima tensione del modulo FV nel punto di massima potenza calcolabile nel seguente modo:

$$U_{MPPT \text{ modulo}(\theta_{min})} = U_{MPPT} - \beta * (25 - \theta_{min})$$

essendo U_{MPPT} la tensione del modulo in corrispondenza del punto di massima potenza, dichiarata dal costruttore.

Ai fini del corretto coordinamento occorre verificare che:

$$U_{MPPTFV(\theta_{min})} \leq U_{MPPT \text{ inverter}}$$

dove $U_{MPPT \text{ inverter}}$ è la massima tensione del sistema MPPT dell'inverter, deducibile dai dati di targa.

Verifica della condizione 3

La minima tensione del generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza è la tensione di stringa calcolata con:

- irraggiamento pari a 1000 W/m^2 ,
- temperatura θ_{max} pari a $70-80^\circ\text{C}$.

e può essere calcolata con la seguente espressione:

$$U_{MPPTFV} = N_s * U_{MPPT \text{ modulo}}$$

dove:

N_s è il numero di moduli collegati in serie;

$U_{MPPT \text{ modulo}}$ è la tensione minima del modulo nel punto di massima potenza, calcolabile nel seguente modo:

$$U_{MPPT \text{ modulo}} = U_{MPPT \text{ modulo}} - \beta * (25 - \theta_{max})$$

Ai fini del corretto coordinamento deve risultare:

$$U_{MPPT\text{modulo}} \geq U_{MPPT\text{inverter}}$$

essendo $U_{MPPT\text{inverter}}$ la minima tensione nel punto di massima potenza del sistema MPPT dell'inverter, deducibile dai dati di targa.

Verifica della condizione 4

La massima corrente del generatore FV è data dalla somma delle correnti massime erogate da ciascuna stringa in parallelo.

La massima corrente di stringa è calcolabile nel seguente modo:

$$I_{\text{stringa MAX}} = 1,25 * I_{SC}$$

dove:

$I_{\text{stringa MAX}}$ è la massima corrente erogata dalla stringa [A];

I_{SC} è la corrente di cortocircuito del singolo modulo [A];

1,25 è un coefficiente di maggiorazione che tiene conto di un aumento della corrente di cortocircuito del modulo a causa di valori di irraggiamento superiori a 1000 W/m².

Per il corretto coordinamento occorre verificare che:

$$I_{FV} = N_p * 1,25 * I_{SC} \leq I_{\text{inverter}}$$

dove:

I_{FV} è la massima corrente in uscita dal generatore fotovoltaico [A];

N_p è il numero di stringhe in parallelo;

I_{inverter} è la massima corrente in ingresso all'inverter [A].

4.1.2 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici previsti per tale impianto sono in silicio monocristallino da 705 W_p. Il modulo è costituito da celle collegate in serie, incapsulate tra un vetro temperato ad alta trasmittanza, e due strati di materiali polimerici (EVA) e di Tedlar, impermeabili agli agenti atmosferici e stabili alle radiazioni UV. La struttura del modulo fotovoltaico è completata da una cornice in alluminio anodizzato provvista di fori di fissaggio.

Ciascun modulo sarà dotato, sul retro, di n. 1 scatola di giunzione a tenuta stagna IP68 contenente 3 diodi di bypass e tutti i terminali elettrici ed i relativi contatti per la realizzazione dei cablaggi.

Le caratteristiche costruttive e funzionali dei pannelli sono rispondenti alle Normative CE, e i pannelli stessi sono qualificati secondo le specifiche IEC 61215 ed. 2, IEC 61730-1 e IEC 61730-2. Le specifiche tecniche e dimensionali dei singoli moduli sono documentate da attestati di prova conformi ai suddetti criteri.

4.1.3 Inverter

L'inverter previsto per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico è del tipo di stringa, saranno installati in campo sottesi alle strutture di supporto o in opportuni box ed è previsto un modello da 350 kW.

Tutti gli inverter presentano la medesima tecnologia di conversione, il medesimo software di controllo e le stesse funzioni di interfaccia di rete.

Si rappresenta che i modelli e le quantità di inverter possono essere soggetti a variazioni in ragione delle mutate condizioni di mercato e di disponibilità che potranno verificarsi nel tempo.

4.1.4 Cabine di trasformazione

Le cabine di trasformazione hanno la funzione di accoppiare l'energia elettrica prodotta dai singoli inverter di stringa del campo fotovoltaico e di elevare la tensione da bassa (bt) a media tensione (MT).

L'energia prodotta dal sistema di conversione CC/CA (inverter) sarà immessa nel lato bt di un trasformatore 30/0,8 kV di potenza variabile.

La cabina di trasformazione è costituita da elementi prefabbricati di tipo containerizzati, progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati. Tutte le componenti verranno installate all'interno di apposito shelter metallico IP54 con differenti compartimenti per le diverse sezioni di impianto. Le pareti e il tetto dello shelter sono isolati al fine di garantire una perfetta impermeabilità all'acqua e un corretto isolamento termico.

Ciascuna cabina di trasformazione conterrà al suo interno un quadro in bassa tensione per la protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore. Nella stessa sarà presente un

impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della cabina. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Tutte le componenti esterne saranno dotate di tutti quei provvedimenti al fine di garantire la massima protezione in condizioni climatiche quale l'ambiente di installazione.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Le pareti e la pavimentazione sono sufficientemente isolati attraverso dei pannelli che garantiscono anche l'impermeabilizzazione dell'intero impianto. In più, dal punto di vista strutturale, sarà realizzato un collegamento tra lo shelter e la sua fondazione al fine di prevenire qualsiasi tipo di spostamento verticale dello shelter.

In corrispondenza del pavimento sono presenti alcune aperture per il passaggio dei cavi e aperture per accesso alla fondazione.

Tutti i componenti metallici sono trattati prima dell'assemblaggio. Le pareti esterne sono invece trattate mediante l'uso un rivestimento impermeabile e additivi che consentono di garantire la completa aderenza alla struttura, resistenza massima agli agenti atmosferici anche in ambienti industriali e marini fortemente aggressivi. Tutti gli ambienti, sono attrezzati con porte con apertura esterna. Nel suo complesso, la cabina di trasformazione avrà dimensioni in pianta pari a 6,00 x 2,50 m e altezza massima pari a circa 2.9 m.

Si rappresenta che i modelli delle cabine di trasformazione possono essere soggetti a variazioni in ragione delle mutate condizioni di mercato e di disponibilità che potranno verificarsi nel tempo.

In fase esecutiva saranno forniti dal produttore gli elaborati di calcolo strutturale ai fini del deposito presso gli uffici del Genio Civile competente.

La platea di fondazione verrà realizzata in cls armato sulla quale verranno affogate delle piastre metalliche che saranno saldate ai pilastri dello shelter metallico. Verrà inoltre predisposto un opportuno scavo per la posa della vasca di raccolta olio del trafo.

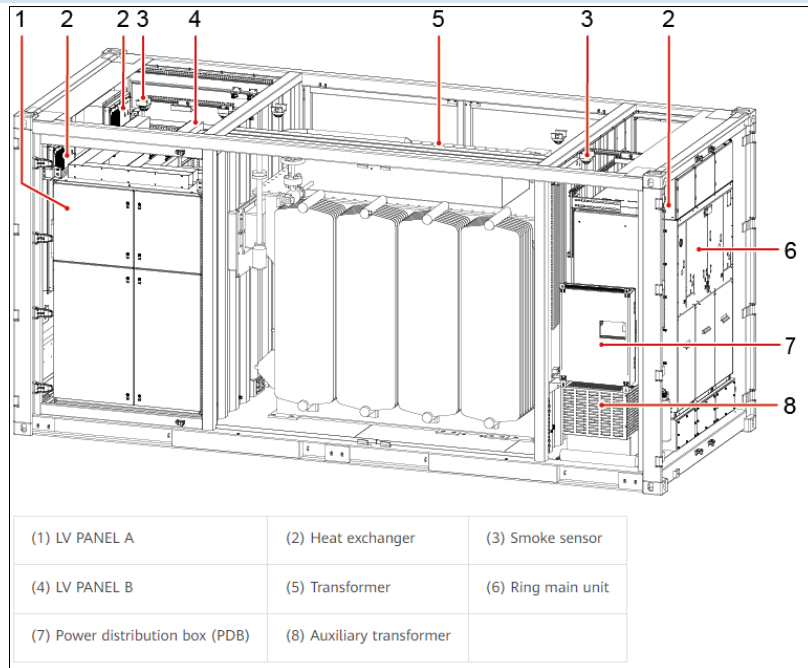


Figura 2: Esploso della cabina di trasformazione

Quadro di parallelo BT

Presso ciascuna cabina di trasformazione sarà installato un quadro di parallelo in bassa tensione per protezione dell'interconnessione tra l'inverter e il trasformatore, prefabbricato dal produttore della cabina. Il quadro consentirà il sezionamento delle singole sezioni di impianto afferenti al trasformatore e le necessarie protezioni alle linee elettriche.

Trasformatore bt/MT

Presso ogni cabina di trasformazione verrà installato un trasformatore elevatore MT/bt 30/0,8 kV, di potenza variabile a seconda del sottocampo, ad alta efficienza.

Tutti i trasformatori saranno del tipo ad olio, sigillati ermeticamente, installati su apposita vasca raccolta oli, idonei per l'installazione in esterno.

Il trafo sarà opportunamente delimitato per impedire l'accesso alle parti in tensione.

Interruttori di media tensione

Nello shelter metallico della Power station verrà posizionato un quadro di alta tensione, composto dai seguenti scomparti:

- n.1 unità di arrivo (sezionatore e sezionatore di terra);
- n.1 unità protezione trafo (sezionatore e fusibili);

-
- n.1 unità di partenza (sezionatore, interruttore e sezionatore di terra)

Quadri servizi ausiliari

La cabina di trasformazione sarà fornita dei quadri di servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento degli impianti. Il quadro servizi ausiliari sarà diviso in tre sezioni:

- sezione in ingresso, nella quale confluisce la linea proveniente dal trafo MT/bt, protetta da appositi interruttori automatici;
- sezione ordinaria, nella quale sono presenti tutte le utenze ordinarie e non essenziali per il funzionamento della cabina. In essa confluiscono due distinte linee (una proveniente dal trafo e l'altra da un eventuale G.E., entrambe idoneamente protette con interruttori automatici e con scaricatori di sovratensione SPD;
- sezione privilegiata, le cui utenze sono alimentate sotto UPS.

Trasformatore bt/bt

Presso ciascuna Power Station verrà installato un idoneo trasformatore bt/bt per l'alimentazione del quadro servizi ausiliari bt-AUX.

UPS per servizi ausiliari

Verrà installato presso la Power Station un UPS per l'alimentazione dei servizi ausiliari presenti presso la PS. Il sistema UPS è dotato di DSP microprocessor control. Il sistema è costituito da un UPS base da 6000 VA, al quale viene collegato un battery back di espansione, per garantire la necessaria copertura in termini di autonomia dei servizi ausiliari di base.

Sistema centralizzato di comunicazione

Presso ciascuna cabina di trasformazione verrà installata la componentistica elettronica necessaria a consentire il controllo delle apparecchiature principali, quali misuratori, sistemi di ventilazione, sensori ambientali.

4.1.5 Cabina di controllo

La cabina di controllo ha la funzione di contenere tutte le apparecchiature preposte al controllo e alla supervisione dell'impianto agrivoltaico. Inoltre all'interno di tale cabina verrà ubicato anche le apparecchiature per la videosorveglianza e l'illuminazione.

La cabina di controllo è costituita da elementi prefabbricati di tipo containerizzati, progettati per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità nell'ambiente in cui verranno installati.

Tutte le componenti verranno installate all'interno di apposito shelter metallico IP54 con differenti compartimenti per le diverse sezioni di impianto. Le pareti e il tetto dello shelter sono isolati al fine di garantire una perfetta impermeabilità all'acqua e un corretto isolamento termico.

La cabina di trasformazione conterrà al suo interno un quadro in bassa tensione ed i quadri e server di controllo e supervisione dell'impianto. Nella stessa sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della cabina. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Tutte le componenti esterne saranno dotate di tutti quei provvedimenti al fine di garantire la massima protezione in condizioni climatiche quale l'ambiente di installazione.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Le pareti e la pavimentazione sono sufficientemente isolati attraverso dei pannelli che garantiscono anche l'impermeabilizzazione dell'intero impianto. In più, dal punto di vista strutturale, sarà realizzato un collegamento tra lo shelter e la sua fondazione al fine di prevenire qualsiasi tipo di spostamento verticale dello shelter.

In corrispondenza del pavimento sono presenti alcune aperture per il passaggio dei cavi e aperture per accesso alla fondazione.

Tutti i componenti metallici sono trattati prima dell'assemblaggio. Le pareti esterne sono invece trattate mediante l'uso un rivestimento impermeabile e additivi che consentono di garantire la completa aderenza alla struttura, resistenza massima agli agenti atmosferici anche in ambienti industriali e marini fortemente aggressivi. Tutti gli ambienti, sono attrezzati con porte con apertura

esterna. Nel suo complesso, la cabina di trasformazione avrà dimensioni in pianta pari a 4,00 x 2,50 m e altezza massima pari a circa 2.9 m.

In fase esecutiva saranno forniti dal produttore gli elaborati di calcolo strutturale ai fini del deposito presso gli uffici del Genio Civile competente.

La platea di fondazione verrà realizzata in cls armato sulla quale verranno affogate delle piastre metalliche che saranno saldate ai pilastri dello shelter metallico.

4.1.6 Cabina di Smistamento

La cabina di smistamento ha la funzione di collegare le varie cabine di trasformazione delle varie aree e dei vari sottocampi del campo fotovoltaico alla cabina di consegna tramite linee MT a 30 kV. La cabina di smistamento è realizzata con una struttura ad elementi prefabbricati in c.a.v. monoblocco costituita da un basamento di fondazione prefabbricato "a vasca" e da una struttura in elevazione fuori terra. La cabina è prodotta, assemblata e collaudata interamente in stabilimento.

Una volta assemblata con tutte le apparecchiature, la struttura è trasportata e messa in opera completa di tutti gli accessori e delle apparecchiature elettromeccaniche

Il box è realizzato con struttura ad elementi prefabbricati monoblocco in calcestruzzo armato vibrato tale da garantire pareti interne lisce senza nervature e con superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali. Le dimensioni esterne sono circa 7.5 x 2.5x 2.90.

La cabina di smistamento assicura un grado di protezione verso l'esterno IP 33.

La cabina conterrà al suo interno un quadro MT, un trafo AUX, un UPS e un quadro bt. Nella stessa sarà presente un impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento della cabina. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza, il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Il basamento di fondazione è costituito da un manufatto prefabbricato con struttura monoblocco di tipo "a vasca" in grado al tempo stesso di garantire una omogenea distribuzione dei carichi relativi alla struttura sul terreno, e la massima flessibilità per quanto riguarda la distribuzione dei cavi all'interno della cabina elettrica grazie all'intercapedine di 60 cm. sotto al pavimento.

Il basamento di fondazione è dotato, su tutti i lati, di diaframmi a frattura prestabilita \varnothing 200 mm. Per il passaggio dei cavi. Il sistema a frattura prestabilita garantisce la tenuta idraulica anche in

assenza di cavi. Le predisposizioni a frattura prestabilita, posizionate ad una altezza dal fondo interno di 8 cm permettono, in caso di sversamenti accidentali d'olio dal trasformatore, un contenimento di almeno 600 litri.

Il basamento di fondazione è inoltre dotato di due connettori di terra in acciaio che annegati nel calcestruzzo e collegati all'armatura metallica, consentano il collegamento interno-esterno dell'impianto di messa a terra.



Figura 3: Tipica cabina di smistamento

Quadro MT

Il quadro di media tensione sarà con involucro metallico, adatto per installazioni all'interno. Gli scomparti delle unità sono fra loro segregati e le parti in tensione sono isolate in aria. Il quadro è altamente modulare, quindi permette di scegliere le unità da affiancare in modo da soddisfare qualsiasi tipo di applicazione. Le unità funzionali del quadro sono garantite a tenuta d'arco interno in conformità alle norme IEC 62271-200. Tutte le operazioni di messa in servizio, manutenzione ed esercizio possono essere eseguite dal fronte. Gli apparecchi di manovra e i sezionatori di terra sono manovrabili dal fronte a porta chiusa. Il quadro MT sarà costituito da:

- n. 3 celle di partenza per il campo fotovoltaico composte da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-51N;
 - n. 2 TA toroidali 300/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra 25x3 mm sul fronte cella;

- sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 cella di arrivo/partenza da SE Utente composta da:
 - sezionatore rotativo IMS 36 kV 630A 20 kA;
 - barra di terra 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 1 cella protezione trafo SA composta da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-51N;
 - n. 1 TA toroidali 75/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 scomparto TV composto da:
 - sezionatore rotativo 36 kV 400A 16 kA (1)
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n.3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
 - n. 2 TV fase-fase 20/0,1kV;

Nella cabina saranno previsti:

- un vano trafo SA costituito da:
 - trafo 100 kVA ermetico in olio 30/0.4 kV;
- un vano BT costituito da:
 - n. 1 quadro AUX.

Trasformatore MT/bt servizi ausiliari

È prevista la fornitura di un trasformatore MT/bt per i servizi ausiliari con le seguenti caratteristiche:



• Tipo:	MACE 100 kVA
• Metodo di raffreddamento:	ONAN
• Potenza nominale:	100 kVA
• Tensioni nominali (a vuoto):	30 kV – 0.40 kV
• Collegamento fasi:	Triangolo (MT) – Stella (BT)
• Vcc%	6%

Impianto elettrico e di illuminazione

L'impianto elettrico, del tipo sfilabile, è realizzato con cavo unipolare FG16(O)R16, con tubo in materiale isolante a vista e consente la connessione di tutti gli apparati necessari per il funzionamento della cabina. In particolare, si avrà:

- plafoniere stagne da 30 W equipaggiate con lampade del tipo a basso consumo energetico;
- lampade di emergenza da 18 W tipo SE, autonomia 2 ore;
- prese 10/16 A;
- interruttori unipolari da 10 A;
- impianto antintrusione;
- impianto rilevazione incendio

4.1.7 Collegamenti elettrici

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC;
- tipo H1Z2Z2-K se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati;
- tipo FS17 o FG16 o se all'interno di cavidotti di edifici.

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL. Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio);

-
- conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio);
 - conduttore di fase: grigio / marrone;
 - conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Tutti i collegamenti elettrici sono realizzati per mezzo di cavi a doppio isolamento (conduttore in rame, isolante e guaina in PVC) con grado di isolamento adeguato.

Le stringhe di moduli saranno realizzate con cavi interposti fra le scatole di terminazione di ciascun modulo e staffati sulle strutture di sostegno. Il collegamento fra moduli e fra stringa ed inverter sarà realizzato con cavo a doppio isolamento.

Caratteristiche tecniche:

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228
- Isolante: HEPR 120 °C
- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.
- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni In condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.
- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

La sezione dei cavi per i vari collegamenti è tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio e tali da garantire in ogni sezione

una caduta di tensione non superiore al 2%. La portata dei cavi (I_2) alla temperatura di 60°C indicata dal costruttore è maggiore della corrente di cortocircuito massima delle stringhe.

Altri cavi

Cavi di media tensione: ARE4H1R 18/30 kV

Cavi di potenza AC: FG16R16 1.8/3 kV

Cavi di segnale: FG7OH2R

Cavi di bus: speciale MOD BUS / UTP CAT6 ethernet

4.1.8 Trackers

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori (chiamati usualmente con il termine inglese *tracker*) monoassiali.

Si tratta di strutture di sostegno mobili che nell'arco della giornata "inseguono" il movimento del sole orientando i moduli fotovoltaici su di essi installati da est a ovest.

L'intervallo di rotazione completo del tracker da est a ovest è pari a 110° (tra -45° e +45°).

Il numero dei moduli posizionati su un inseguitore sarà di 26 moduli.

L'installazione degli inseguitori avviene mediante infissione diretta nel terreno, con l'ausilio di una macchina battipalo; i pali di sostegno raggiungono una profondità minima di 1,5 – 2 m dal piano campagna e sono poi sottoposti a prove di resistenza.

La scelta di questo tipo di inseguitore con pali infissi direttamente evita l'utilizzo di cemento per le fondazioni e minimizza i movimenti terra per la loro installazione.

Ogni fila di tracker sarà dotata di un attuatore lineare ed un inclinometro elettronico. L'attuatore lineare viene mosso da un motore a 24 V_{cc} con un assorbimento di corrente di 6 A. L'algoritmo che gestirà la movimentazione dei 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 +45° e analogamente una fase pomeridiana di backtrack da -45° a 0°. Il sistema calcola l'angolo ottimale evitando l'ombreggiatura dei pannelli.

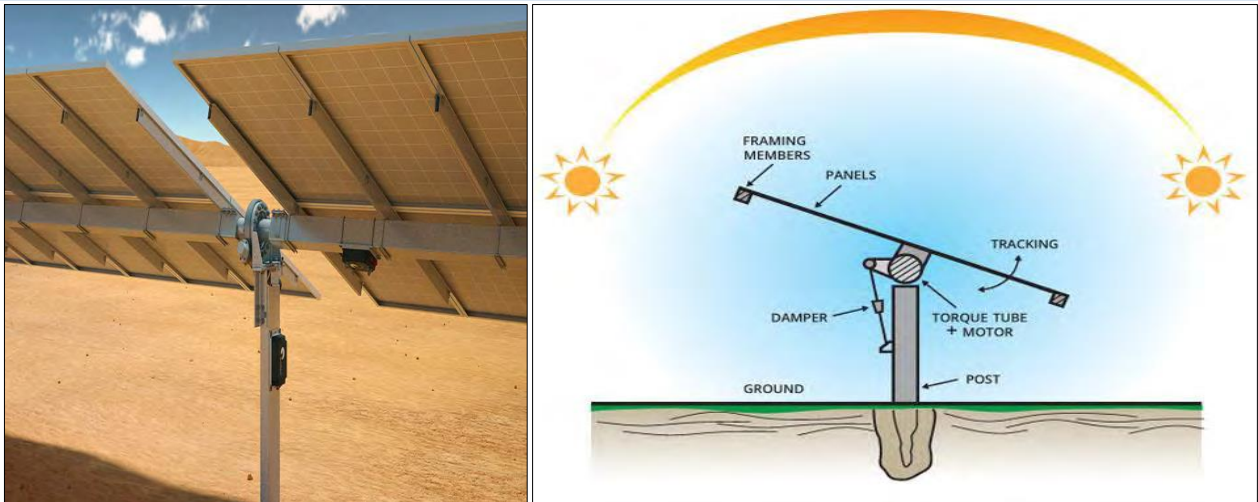


Figura 4: Trackers

4.2 SISTEMA DI SORVEGLIANZA DELL'IMPIANTO

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

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

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

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

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

Le telecamere, dovranno registrare i movimenti, inviando un segnale di allarme e una registrazione dovranno controllare l'intero perimetro della recinzione, con particolare attenzione ai punti critici, realizzati in prossimità delle cabine elettriche e nelle zone di attraversamento. Le telecamere

saranno collegate ad un sistema di registrazione, VDR, posizionato in cabina di consegna e controllabile, tramite rete, anche da remoto.

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

4.3 ILLUMINAZIONE

Sarà distribuita lungo tutto il perimetro dell'impianto e nelle vicinanze delle cabine di trasformazione e di smistamento, avrà la funzione di illuminazione notturna, antintrusione e sarà costituita da:

- pali in acciaio zincato, h=3.75 m con lampade a led, P= 75 W;
- plinto di fondazione prefabbricato con pozzetto.

In fase di progetto esecutivo potranno essere apportati miglioramenti ai rapporti tra gli illuminamenti minimi e massimi e l'illuminamento medio.

4.4 SISTEMA DI MONITORAGGIO PER IL CONTROLLO DELL'IMPIANTO

In fase di esercizio è previsto un sistema di gestione che tende ad ottimizzare la produzione e migliorare le performance dell'impianto.

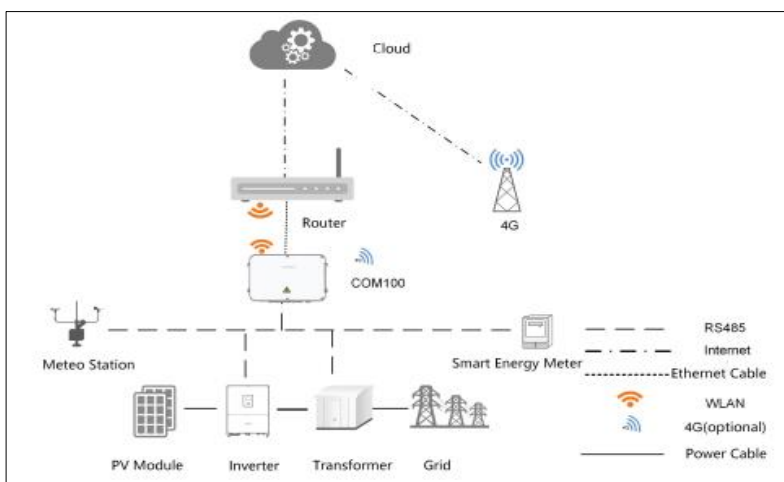


Figura 5: Esempio di monitoraggio impianto fotovoltaico

Il sistema è basato su una potente intelligenza real-time che processa continuamente i valori più importanti, evitando di fatto, l'impiego di tempo e risorse umane nel controllo degli impianti. Esso invia automaticamente report giornalieri di produzione e segnala la presenza di allarmi tramite e-mail.

L'elevato numero di sensori collegabili consente di realizzare un controllo estremamente dettagliato, permettendo di fatto la verifica dell'efficienza dei componenti dell'impianto e garantendo così la produzione di energia nel lungo termine. Qualora fossero presenti dei malfunzionamenti, la qualità dei controlli e la quantità di valori visualizzabili, consentono di individuare facilmente l'area interessata e quindi il guasto. In generale il sistema è in grado di eseguire le seguenti funzioni:

- rilevazione dei dati principali dagli inverter;
- controllo sul singolo inverter quali: accensione, produzione, efficienza dei canali, efficienza ingresso/uscita, sbilanciamento delle correnti o delle potenze dei canali, tensione dei canali;
- segnalazione tramite e-mail delle produzioni e degli allarmi dell'impianto;
- invio delle e-mail di allarme sia all'attivazione che al ripristino;
- gestione cassette di stringa dei principali costruttori presenti sul mercato;
- visualizzazione e memorizzazione dei sensori collegati al sistema;
- memorizzazione ed invio dei dati al portale web;
- collegamento da remoto per la configurazione e visualizzazione dell'impianto da remoto tramite smartphone, tablet e PC.

Inoltre è possibile implementare il sistema in modo si abbia un controllo esteso anche all'impianto elettrico, in particolare mediante le seguenti funzioni:

- controllo dello stato degli interruttori, scaricatori;
- contatto di allarme dalle centraline di rifasamento;
- contatto di allarme dalle centraline di controllo dei trasformatori;
- controllo di qualsiasi dispositivo con contatto "pulito" tramite l'espansione ingressi digitali;
- controllo a soglia di valori analogici come sensori di temperatura, pressione, portata, ecc.

Inoltre è possibile effettuare un controllo consumi mediante il collegamento di:

- misuratori di energia / analizzatori di rete;
- ingressi digitali e contatori impulsivi;
- ingressi analogici per il rilevamento di valori variabili;

I feedback prelevabili dalle macchine di produzione come i pezzi prodotti, ore di funzionamento o alcuni valori di processo analogici, permettono di eseguire analisi dei consumi più dettagliate consentendo la valutazione di attività volte al risparmio energetico.

Il cavo di controllo sarà costituito da cavi di segnale in rame o fibra che si attesteranno in una o più centraline collegate via wi-fi al web.

4.4.1 Rete fibra ottica

La rete di comunicazione in fibra ottica consentirà il controllo ed il monitoraggio remoto dell'impianto agrivoltaico. I cavi ottici, verranno installati all'interno di un tritubo protettivo, nella stessa trincea di scavo dei cavi di energia e opportunamente distanziati da questi.

La rete sarà costituita da un loop realizzato con cavo del tipo "Single Mode" a 12 fibre, il quale interconetterà le cabine inverter con un patch panel installato all'interno della cabina di smistamento. Dal patch panel installato all'interno della cabina di smistamento, verrà derivata una ulteriore linea in fibra ottica di interfaccia con i sistemi di telecomunicazione Terna, la quale si svilupperà all'interno della stessa trincea di scavo della dorsale a 30 kV di collegamento con la futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 150/36 kV della RTN. Quest'ultima verrà utilizzata per:

- telemisure e telesegnali da scambiare con Terna;
- scambio di segnali associati alla regolazione di tensione;
- eventuali segnali logici e/o analogici richiesti dai sistemi di protezione;
- segnali per il sistema di Difesa

I cavi previsti soddisfano i requisiti della Norma IEC 60794-3 e risultano idonei per la posa direttamente interrata. Ciò nonostante, per garantire l'integrità a seguito delle eventuali sollecitazioni meccaniche alle quali potranno essere sottoposti a valle della messa in posa, si prevede la loro installazione all'interno di tritubi in fibra ottica.

Considerando che ogni giunzione, connettore o patching del sistema di fibre ottiche introduce una perdita, al fine di non attenuare l'intensità del segnale trasmesso, in fase di progettazione esecutiva verranno rispettate le perdite massime consentite riportate in tabella:

<i>Loss in</i>	<i>Multi-mode</i>	<i>Single-mode</i>
Splicing	≤ 0.1dB	≤ 0.1dB
Connector	≤ 0.4dB	≤ 0.4dB

I connettori saranno di tipo ST o SM in funzione dei requisiti dei sistemi scada degli inverter. Per l'interconnessione dei sistemi scada degli inverter è previsto l'utilizzo di Patch box, ovvero box di terminazione in fibra ottica che consente la giunzione fibra- fibra e fibra-pigtail.

4.4.2 Impianto di monitoraggio: anemometro

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

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

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

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

4.5 CAVIDOTTO MT

4.5.1 Cavidotto MT interno parco

Il parco agrivoltaico, attraverso un cavidotto interrato costituito da linee in media tensione 18/30 kV verrà connesso con la cabina di smistamento, da quest'ultima ad una SE Utente 30/150 kV e da quest'ultima ad una futura Stazione Elettrica AT/AT della RTN che verrà probabilmente ubicata nel Comune di Banzi (PZ) e collegata in entra-esce sulla linea 150 kV esistente "Genzano – Palazzo San Gervasio – Forenza - Maschito".

Il tracciato della linea è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11-12-1933 n.1775, comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;

Inoltre, per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici, in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge. n. 36 del 22/02/2001, nello studio del tracciato si è tenuto conto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T.

Le linee elettriche di media tensione all'interno del parco agrivoltaico saranno realizzate in cavo interrato ad una profondità di posa non inferiore a 1,2 m. Si svilupperanno all'interno di una trincea di scavo larga circa 0.6 m e profonda 1,2 m, secondo il percorso indicato nelle tavole di progetto.

I cavi saranno posati direttamente nel terreno (posa diretta), previa realizzazione di un sottofondo di posa con terreno vagliato e/o sabbia, al fine di ridurre eventuali asperità che potrebbero danneggiare gli stessi. All'interno della trincea di scavo sarà prevista la posa di un tritubo, di un eventuale corda di rame nudo e la posa di un nastro di segnalazione con la dicitura cavi elettrici a circa 20÷30 cm al di sopra dei cavi.

La realizzazione dei cavidotti AT sarà effettuata tenendo conto della presenza degli eventuali altri servizi interrati lungo il tracciato (sistema idrico, rete di distribuzione del metano, reti TLC etc.). In fase

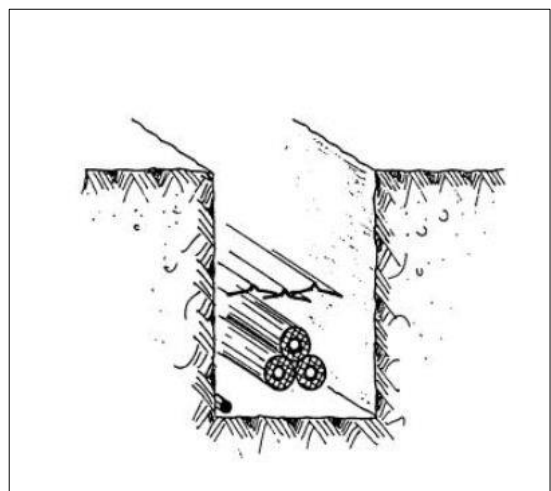


Figura 6: Esempio di posa cavo MT

esecutiva, si prenderanno accordi con gli Esercenti di tali servizi al fine di assicurare il rispetto delle prescrizioni della norma CEI 11-17 e del DM 24.11.1984.

Le linee elettriche sono state dimensionate in funzione della potenza da trasmettere, assumendo condizioni di posa di seguito indicate:

- profondità di posa pari a 1,2 m;
- resistività termica del terreno pari a 1°C m/W ;
- temperatura di posa pari a 30°C ;

Il dimensionamento è stato eseguito applicando il criterio termico, tenendo conto della potenza da trasmettere, e la sezione scelta è stata verificata con il criterio della l'energia specifica passante (K^2S^2) tollerabile dal conduttore.

Lungo lo sviluppo della linea è prevista la realizzazione di giunti dielettrici di alta tensione di collegamento tra le varie pezzature di cavo.

Essi saranno costituiti da materiali simili o comunque compatibili con quelli del cavo stesso su cui saranno installati, e provvederanno:

- alla connessione dei conduttori di due pezzature di cavo mediante manicotti metallici chiamati connettori;
- all'isolamento del conduttore ed al ripristino dei vari elementi di cavo;
- al mantenimento della continuità elettrica tra eventuali schermi metallici dei cavi;

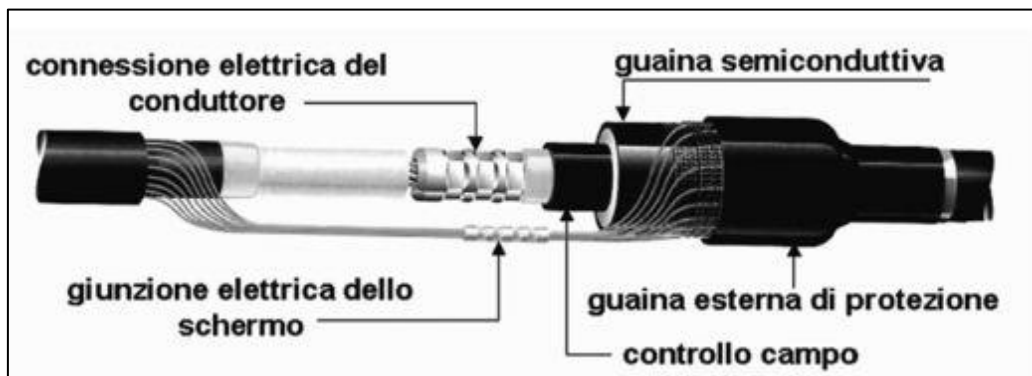


Figura 7: Giunto MT

I terminali, che costituiranno le estremità del cavo, provvederanno:

- alla connessione dei conduttori con le apparecchiature;
- al controllo del campo elettrico;
- alla sigillatura del cavo contro l'eventuale penetrazione di acqua o umidità.

Nella tabella sottostante si riportano le caratteristiche delle linee MT con le relative cadute di tensione.

DIMENSIONAMENTO LINEE - CAVIDOTTO MT INTERNO CAMPO									
Linea	Tipo di cavo	Numero terne	Lunghezza Linea	Lunghezza Cavi AT	Potenza	Sezione	Portata	Corrente	ΔU_n
			[m]	[m]	[kW]	[mm ²]	[A]	[A]	[%]
Linea CT1_CT2	ARE4H1R 18/30 kV	1	1039	3117	5425,68	50	157,00	116,02	0,30
Linea CT2_CT3	ARE4H1R 18/30 kV	1	1628	4884	10869,7	120	260,00	232,43	0,47
Linea CT3_CS	ARE4H1R 18/30 kV	1	2604	7812	14480,7	185	324,00	309,65	0,78
Linea CT4_CS	ARE4H1R 18/30 kV	1	1720	5160	3006,12	50	157,00	64,28	0,27
Linea CT5_CT6	ARE4H1R 18/30 kV	1	50	150	3812,64	50	157,00	81,53	0,01
Linea CT6_CS	ARE4H1R 18/30 kV	1	175	525	7625,28	70	192,00	163,05	0,05

4.5.2 Cavidotto MT esterno parco

Il cavidotto MT esterno parco in progetto si estende dalla cabina di smistamento in prossimità dell'impianto fotovoltaico nel Comune di Banzi (PZ) fino ad una SE Utente 30/150 kV che probabilmente verrà ubicata nel Comune di Banzi (PZ) e da quest'ultima ad una futura Stazione Elettrica AT/AT della RTN che verrà probabilmente ubicata nel Comune di Banzi (PZ) e collegata in entra-esce sulla linea 150 kV esistente "Genzano – Palazzo San Gervasio – Forenza - Maschito".

I cavi saranno interrati a una profondità di 1.50 m all'estradosso in modo che venga garantita la profondità minima di posa che sarà maggiore di 1 m, con fornitura di materiale fine/sabbia sul tubo e sul fondo dello scavo che sarà piatto e privo di asperità onde evitare danneggiamenti delle tubazioni. Al di sopra dei cavidotti ad almeno 0,2 m dall'estradosso del tubo stesso, sarà collocato il nastro monitor (uno almeno per ogni coppia di tubi); nelle strade pubbliche si eviterà la collocazione del nastro immediatamente al di sotto della pavimentazione, onde evitare che successivi rifacimenti della stessa possano determinarne la rimozione.

Nella posa dei tubi le curve saranno limitate al minimo necessario e comunque avranno un raggio non inferiore a 1,50 m. In particolare il profilo della tubazione AT sarà quanto più lineare possibile evitando in particolare le "strozzature" nei casi di incrocio con altre opere o per la eventuale presenza di ostacoli.

Nella tabella sottostante si riportano le caratteristiche delle linee MT con le relative cadute di tensione.

DIMENSIONAMENTO LINEE - CAVIDOTTO MT ESTERNO CAMPO									
Linea	Tipo di cavo	Numero terne	Lunghezza Linea	Lunghezza Cavi MT	Potenza	Sezione	Portata	Corrente	ΔU_n
			[m]	[m]	[kW]	[mm ²]	[A]	[A]	[%]
Linea CS_SE	ARE4H1R 18/30 kV	2	10475	62850	25112,1	500	2x540,00	536,98	1,73

4.5.3 Cavidotto BT e linee CC interno parco

Le linee in cc che collegheranno i moduli fotovoltaici agli inverter saranno in cavo solare e viaggeranno sottese alle strutture di sostegno in adeguate canalizzazioni.

Le linee elettriche di bassa tensione all'interno del parco agrivoltaico saranno realizzate in cavo interrato e si svilupperanno all'interno di una trincea di scavo larga circa 0.3 m e profonda 0,6 m.

I cavi saranno posati in tubi corrugati e interrati, previa realizzazione di un sottofondo di posa con terreno vagliato e/o sabbia, al fine di ridurre eventuali asperità che potrebbero danneggiare gli stessi. All'interno della trincea di scavo sarà prevista la posa di un tritubo, di un eventuale corda di rame nudo e la posa di un nastro di segnalazione con la dicitura cavi elettrici a circa 20 cm al di sopra dei cavi.

Le linee elettriche sono state dimensionate in funzione della potenza da trasmettere, assumendo condizioni di posa di seguito indicate:

- profondità di posa pari a 0,6 m;
- resistività termica del terreno pari a 1° C m/W;
- temperatura di posa pari a 30°C;

Il dimensionamento è stato eseguito applicando il criterio termico, tenendo conto della potenza da trasmettere, e la sezione scelta è stata verificata con il criterio della l'energia specifica passante (K^2S^2) tollerabile dal conduttore.

4.6 DIMENSIONAMENTO PROTEZIONI DI CAMPO

Il dispositivo di protezione delle condutture è scelto secondo le norme, quando soddisfa entrambe le condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Queste condizioni non sono indipendenti tra loro, ma legate dal rapporto $\frac{I_N}{I_F}$ variabile con il dispositivo di protezione. Le condizioni per assicurare la protezione contro il sovraccarico sono diverse, secondo che il circuito sia protetto da un interruttore automatico o da un fusibile.

Nel nostro caso tutti i cavi di campo saranno protetti da fusibili e pertanto bisognerà verificare che:

$$I_N < \frac{1,45}{1,6} I_Z = 0,9 I_Z$$

4.7 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti secondo le prescrizioni della norma CEI 11-20 va effettuata come prescritto dalla norma CEI 64.8.

Avendo la separazione galvanica tra l'impianto fotovoltaico e la rete grazie al trasformatore, i due sistemi possono essere gestiti in maniera separata. Il sistema impianto sarà del tipo IT mentre il sistema alimentazione non subirà modifiche rispetto allo stato attuale.

Vista la presenza della separazione galvanica grazie al trasformatore, il campo fotovoltaico sarà gestito come un sistema IT. Infatti non è consigliabile gestirlo come sistema TT o TN in quanto non è possibile adottare lo schema di protezione contro i contatti indiretti per interruzione dell'alimentazione perché le correnti di guasto, come visto precedentemente, sono limitate e quindi non sufficienti a garantire l'intervento delle protezioni. Si ricorda che i criteri di protezione dei sistemi TT e TN sono basati sul concetto di rendere più elevate possibili le correnti di guasto per far intervenire in tempi brevi le protezioni che interrompono il circuito.

Per la protezione contro i contatti indiretti la norma CEI 64-8 prevede l'utilizzo di un controllo dell'isolamento che in questo caso è integrato nelle protezioni previste dagli inverter.

Nel sistema oggetto della presente relazione saranno comunque utilizzati tutti componenti di classe II, il che rende improbabile un guasto verso terra.

4.7.1 Impianto di terra

La norma CEI 82-4 prevede, indipendentemente dalla classe di isolamento dei componenti, la messa a terra delle masse metalliche (cornici dei moduli fotovoltaici, struttura di supporto, ecc.), la norma CEI 64 – 8 non consente la messa a terra delle parti metalliche dei componenti elettrici di Classe II. Se quindi tutti i componenti sono dotati di doppio isolamento o rinforzato è vietata la messa a terra delle masse, ed è quello che normalmente si deve fare. I moduli quindi non richiedono collegamento verso terra.

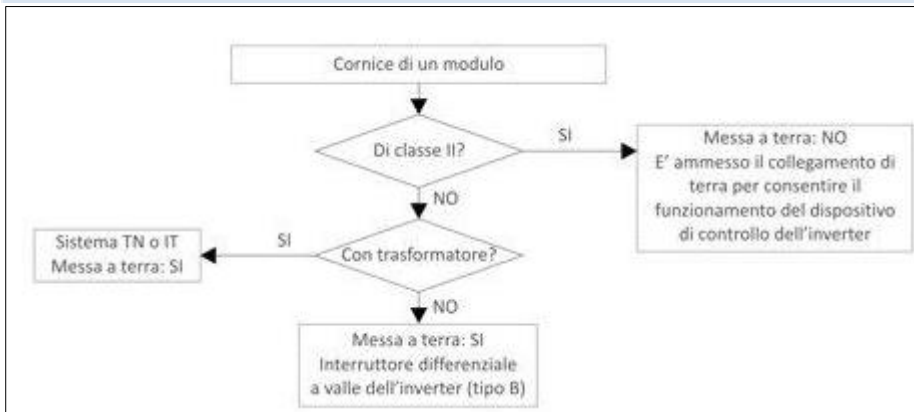


Figura 8: Messa a terra struttura di un impianto FV

Le strutture metalliche a supporto dei pannelli invece sono da collegare a terra, come tutti i supporti, con capicorda e cavo fino al pozzetto.

Non è consigliabile realizzare un impianto di

terra separato, in quanto potrebbe trovarsi a potenziale diverso rispetto a quello dell'impianto elettrico introducendo differenze di potenziale pericolose.

In conclusione, nei sistemi fotovoltaici isolati da terra, il collegamento a terra delle masse poste a monte del trasformatore e la ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra servono sia per la sicurezza delle persone, sia per il funzionamento del dispositivo di controllo dell'isolamento, tanto più quanto più è esteso l'impianto.

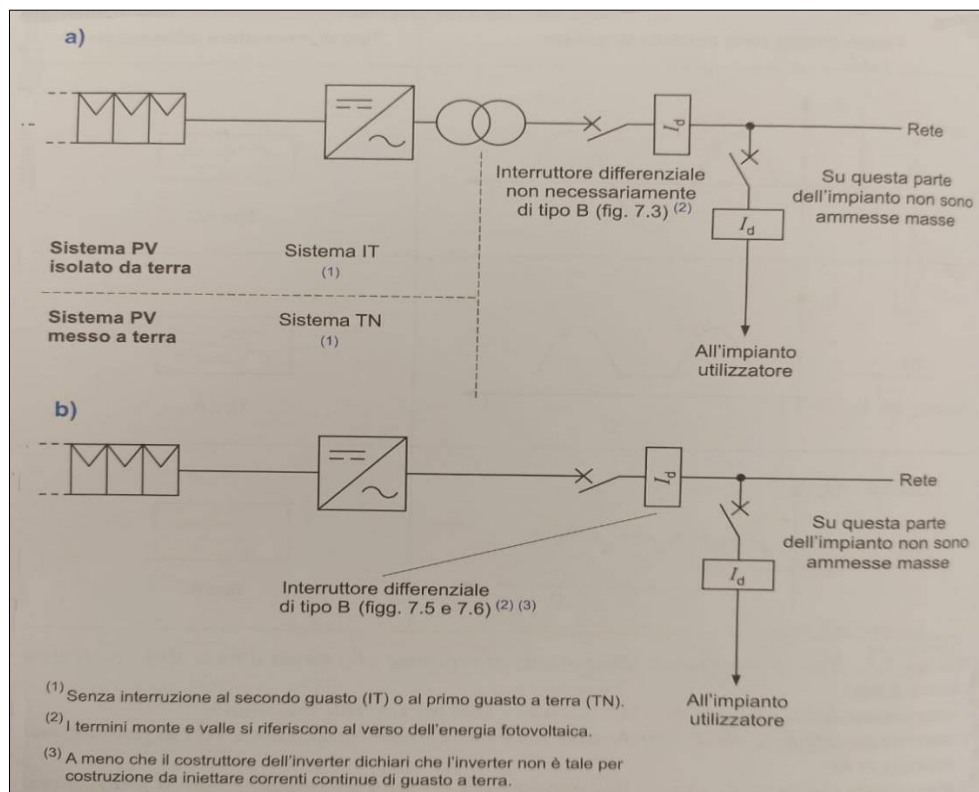


Figura 9: Provvedimenti contro i contatti indiretti per un guasto su una massa nelle diverse zone di un impianto FV

4.8 PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

Le scariche atmosferiche o volgarmente chiamate fulmini, sono fenomeni di scarica violenti che producono in tempi brevissimi correnti d'intensità molto elevate che possono raggiungere e superare i 200 kA.

A causa dell'enorme energia sviluppata nel breve tempo sono eventi che si possono ripercuotere con tutto il loro potenziale distruttivo sui componenti o sugli impianti e nei casi più gravi sulle persone e sugli animali.

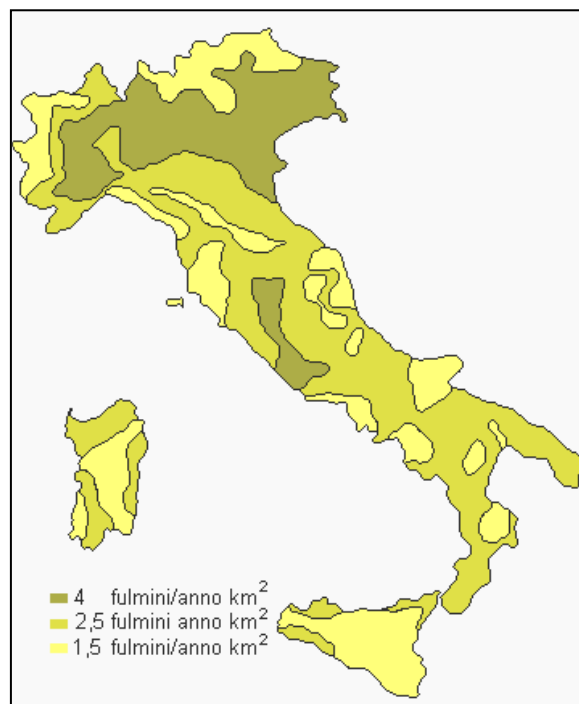


Figura 10: Valori medi di fulminazione per unità di superficie

Per prevenire i rischi dovuti a questi fenomeni di origine naturale, si rende necessario uno studio approfondito e il rilievo dei fulmini a terra per mezzo di strumenti sensibili al campo elettromagnetico prodotto dalla corrente di fulmine.

La necessità della protezione contro il fulmine di un oggetto deve essere valutata al fine di ridurre le perdite dei valori sociali e al fine di valutare se la protezione sia o no necessaria, occorre effettuare la valutazione del rischio secondo la norma CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2).

La protezione contro il fulmine è necessaria se il rischio R (R_1 , R_2 e R_3) è superiore al livello di rischio tollerabile R_T

$$R > R_T$$

In questo caso devono essere adottate misure di protezione al fine di ridurre il rischio R (R_1 , R_2 e R_3) al valore di rischio tollerabile R_T ($R \leq R_T$).

Tipo di rischio	Tipo di perdita	R_T (anni ⁻¹)
R_1	Perdita di vite umane o danni permanenti	10^{-5}
R_2	Perdita di servizio pubblico	10^{-3}
R_3	Perdita di patrimonio culturale insostituibile	10^{-3}
R_4	Perdite economiche	Il valore di tale rischio deve essere assunto dal Committente in considerazione di proprie valutazioni economiche

Figura 11: Valori rischio tollerabile R_T

La struttura da considerare comprende:

- la struttura stessa;
- gli impianti nella struttura;
- il contenuto della struttura;
- le persone nella struttura e quelle nella fascia fino a 3 m all'esterno della struttura;
- l'ambiente circostante interessato da un danno alla struttura.

La protezione non comprende i servizi esterni connessi alla struttura.

Il rischio relativo al fulmine è scomposto dalla norma CEI 81-10 in otto componenti.

Tipo di fulminazione	Componente di rischio	Significato
Diretta della struttura	R_A	Danni a persone o animali per tensioni di contatto e passo all'esterno della struttura
	R_B	Danni materiali dovuti a incendi ed esplosioni
	R_C	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Indiretta della struttura	R_M	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Diretta della linea	R_U	Danni a persone o animali per tensioni di contatto e passo all'esterno della struttura
	R_V	Danni materiali dovuti a incendi ed esplosioni
	R_W	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche
Indiretta della linea	R_Z	Avarie delle apparecchiature elettriche ed elettroniche

	Sorgenti di danno							
	Fulminazione diretta della struttura S1			Fulminazione indiretta della struttura S2	Fulminazione diretta della linea entrante S3			Fulminazione indiretta della linea entrante S4
Componente di rischio / Rischio per tipo di perdita	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
R ₁	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
R ₂	-	X	X	X	-	X	X	X
R ₃	-	X	-	-	-	X	-	-
R ₄	X ⁽²⁾	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X

Figura 12: Componenti dei rischi

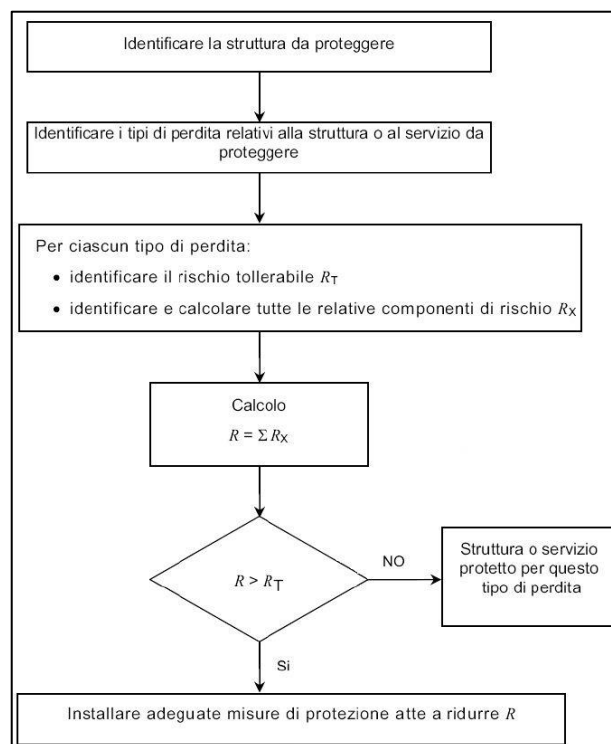


Figura 13: Algoritmo di valutazione per l'installazione di misure di protezione

4.8.1 Impianto fotovoltaico a terra

Nella fulminazione diretta di un impianto FV a terra, il rischio incendio è nullo e l'unico pericolo per le persone è costituito dalle tensioni di contatto.

Quando la resistività superficiale del suolo supera i 5 kΩm non occorre adottare alcun provvedimento, poiché le tensioni di contatto sono trascurabili.

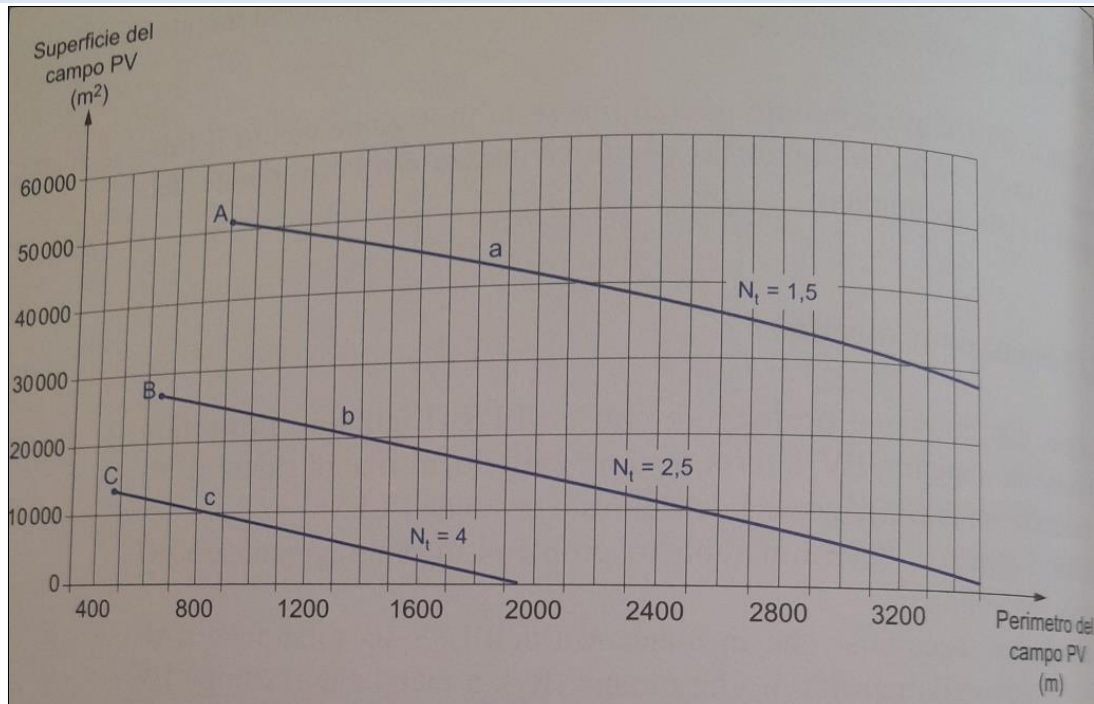


Figura 14: Diagramma S/P dell'impianto FV per la determinazione delle misure di protezione

Le rette a, b, c della figura sopra individuano i valori di superficie, in relazione al perimetro, al di sotto dei quali sicuramente non occorre proteggere il campo FV con l'LPS.

4.9 INTERFERENZE CAVIDOTTI CON OPERE INFRASTRUTTURALI

4.9.1 Le tecnologie no-dig

In alternativa ai metodi di posa tradizionali, nell'ultimo decennio si sono sviluppate e diffuse in misura sempre maggiore le tecniche dette no-dig o trenchless, che consentono di posare nuove condotte e/o tubazioni e di riabilitare o sostituire le condotte esistenti senza ricorrere all'apertura di trincee lungo il tracciato.

Queste nuove tecniche risultano particolarmente vantaggiose in ambiente urbano in quanto riducono drasticamente sia l'inquinamento acustico ed atmosferico che l'impatto sul traffico veicolare e pedonale in corrispondenza ai cantieri e consentono inoltre di contenere o evitare una serie di costi diretti ed indiretti. Tra i primi si eliminano infatti quelli della demolizione e del ripristino della pavimentazione stradale in corrispondenza ai cavi di posa nonché il costo del rifacimento dell'intero manto stradale, la cui integrità viene anticipatamente compromessa dai cedimenti del rinterro che si verificano inevitabilmente dopo pochi anni, mentre tra i costi indiretti vengono evitati

quelli legati al maggior tempo di percorrenza ed al maggior consumo di carburante sopportati dagli utenti e, in generale, ai rallentamenti ed alle limitazioni del traffico urbano.

Anche in ambito extra urbano l'impiego delle tecniche no-dig presenta dei vantaggi rispetto alle pose in trincea, sia pure limitatamente a specifiche parti del tracciato, come ad esempio i percorsi in zone boschive e di elevato valore paesaggistico o gli attraversamenti sotterranei di corsi d'acqua e di rilevati stradali e ferroviari. In alcuni casi queste tecniche costituiscono l'unica possibilità consentita per l'adozione dei tracciati prescelti.

Occorre infine segnalare che, grazie ai continui miglioramenti tecnologici, i costi delle tecniche no-dig stanno progressivamente riducendosi e diventando sempre più competitivi con quelli delle pose tradizionali su cavi a cielo aperto.

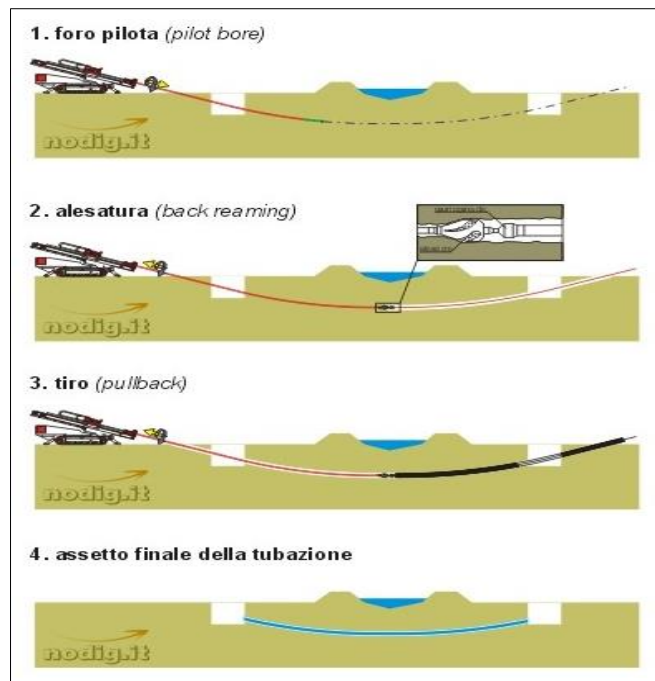


Figura 15: Esempio di tecnologia no-dig: Directional Drilling

Lo scavo per la posa in opera del cavidotto interrato è effettuato con mezzi meccanici ma durante il cammino è inevitabile incontrare ostacoli da risolvere tecnicamente secondo prescrizioni di legge e norme che regolano le interferenze in parallelo e ortogonali agli impianti telefonici, idrici, metanodotti, ferrovie, etc., esistenti.

Lungo il tracciato dei cavidotti, in corrispondenza degli attraversamenti dei reticoli idrografici realizzati mediante la tecnologia No-Dig, la stessa, sarà realizzata con caratteristiche, e ad una

profondità, che garantiranno la protezione da eventuali fenomeni erosivi del tratto di alveo interessato, dovuti ad eventi di piena e a variazioni della morfologia dell'alveo nel lungo periodo.

4.9.2 Interferenza cavidotto interrato con linee di energia, telecomunicazioni e condutture interrate

Lo scavo per la posa in opera del cavidotto interrato è effettuato con mezzi meccanici ma durante il cammino è inevitabile incontrare ostacoli da risolvere tecnicamente secondo prescrizioni di legge e norme che regolano le interferenze in parallelo e ortogonali agli impianti telefonici, idrici, metanodotti, ferrovie, etc..., esistenti.

4.9.3 Parallelismi e incroci fra cavi elettrici

Nel caso di parallelismo i cavi aventi la stessa tensione nominale, saranno posati alla stessa profondità utilizzando tubazioni distinte, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro. Tali prescrizioni valgono anche per incroci di cavi aventi uguale o diversa tensione nominale.

Nel caso di incroci, la distanza fra i due cavi non sarà inferiore a 30 cm ed inoltre il cavo posto superiormente sarà protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi.

4.9.4 Parallelismi e incroci fra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione

Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione, i cavi di energia saranno posati alla maggior e possibile distanza, e quando vengono posati lungo la stessa strada si dislocheranno possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra, i cavi saranno posati in vicinanza, mantenendo fra i due cavi una distanza minima non inferiore a 30 cm.

Qualora detta distanza non possa essere rispettata, verrà applicata sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- cassetta metallica zincatura a caldo;
- tubazioni in acciaio zincato a caldo;
- tubazione in materiale plastico conforme alle norme CEI.

I predetti dispositivi saranno omessi sul cavo posto alla profondità maggiore quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 15 cm.

4.9.5 Parallelismi ed incroci fra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche

La distanza in proiezione orizzontale fra i cavi di energia e le tubazioni metalliche interrate, adibite al trasporto e alla distribuzione dei fluidi (acquedotti, oleodotti e simili), posate parallelamente ai cavi medesimi sarà non inferiore a 30 cm.

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non disteranno mai meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche interrate non verrà effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse.

4.9.6 Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

Nel caso di parallelismo e incrocio fra cavi elettrici e tubazioni per il trasporto del gas naturale si applicano, ove non in contrasto con il D.M. 24.11.1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, distribuzione e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0.8", le prescrizioni viste al paragrafo precedente.

4.10 SISTEMA DI ALLACCIAMENTO ALLA RETE AT E RELATIVE PROTEZIONI

L'impianto di produzione di energia elettrica da fotovoltaico, oggetto della presente relazione, produrrà energia che sarà totalmente ceduta alla rete elettrica di distribuzione.

L'impianto non potrà mai funzionare in isola e non sono previsti carichi privilegiati alimentati dall'impianto. Pertanto se si manifestano fuori servizio della rete TERNA interverranno le protezioni dell'impianto isolandolo dal sistema AT.

4.11 SISTEMA DI MISURA

Il nuovo impianto agrivoltaico oggetto della presente relazione sarà collegato alla RTN tramite un elettrodotto MT interrato che preleverà l'energia prodotta dal campo fotovoltaico attraverso una

cabina di smistamento, la trasporterà fino alla SE Utente 30/150 kV ed infine la trasferirà ad una futura SE AT/AT della RTN sita nel Comune di Banzi (PZ).

La misura dell'energia prodotta e immessa in rete dall'impianto sarà effettuata mediante un contatore posto nel locale misure della cabina di smistamento. Tale sistema sarà realizzato con l'utilizzo dei seguenti componenti:

- Contatore di energia avente le seguenti caratteristiche:
 - Classe di precisione: 0,2 per energia attiva, 1 per energia reattiva
 - $I_n = 5 \text{ A}$
 - $V_n = 3 \times 57,7/100 - 3 \times 230/415 \text{ V}$ (Large Voltage Range)
 - $F_n = 50 \text{ Hz}$
 - Display LCD con contenuti parametrizzabili
 - Interfaccia per la lettura locale del contatore e la sua parametrizzazione in accordo con la norma CEI EN 62056-21;
 - I dati memorizzati sono conservati in memorie non volatili
 - Coprimorsetti e calotta sigillabili
 - Interfaccia comunicazione RS232/RS485 ethernet
 - Memorizzazione delle curve di carico;
 - Marchio e certificazione MID
- N° 3 TA di misura cl. 0,2
- N° 3 TV di misura cl. 0,2
- Morsettiere di controllo per contatori trifase.

Ogni componente sarà munito di certificato di taratura rilasciato da ente autorizzato e riconosciuto dall' Agenzia delle Dogane.

5 OPERE ELETTRICHE DA REALIZZARE PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE (RTN)

Nell'ultimo piano di sviluppo di Terna sono inclusi interventi atti a favorire la produzione degli impianti alimentati dalle fonti rinnovabili situati nel Sud Italia. In particolare sono previsti rinforzi della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) finalizzati a migliorare la dispacciabilità degli impianti esistenti e a consentire la connessione di ulteriori impianti futuri.

In correlazione allo sviluppo del parco agrivoltaico e quindi al fine di raccogliere la produzione di diversi impianti di generazione siti nella zona, è prevista la realizzazione di una nuova stazione elettrica di trasformazione RTN 150/150 kV, da inserire in entra - esce sull'elettrodotto della RTN 150 kV "Genzano – Palazzo San Gervasio – Forenza - Maschito".

Inoltre per il collegamento dell'impianto agrivoltaico alla RTN è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- sottostazione 30/150 kV nel Comune di Banzi (PZ) di proprietà della società proponente il presente progetto;
- elettrodotto interrato 150 kV che collega la sottostazione Utente 30/150 kV alla futura stazione RTN 150/150 kV.

5.1 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA 30/150 kV

L'impianto sarà allacciato alla rete elettrica nazionale mediante collegamento in antenna a 150 kV su uno stallo di una futura Stazione Elettrica. Il punto in cui l'impianto viene collegato alla rete elettrica viene definito normativamente "punto di connessione" ed è il punto in cui termina l'impianto dell'utente ed inizia l'impianto di rete. Nel caso in questione coincide con la stazione elettrica di utenza/trasformazione 30/150 kV. La stazione elettrica di utenza va quindi a formare anche l'interfaccia tra l'impianto di utenza e quello di rete.

La sottostazione di utenza è collegata all'impianto agrivoltaico mediante un cavidotto interrato in MT e consente di innalzare la tensione da 30 kV a 150 kV per il successivo collegamento alla rete elettrica nazionale tramite il nuovo stallo della futura SE.

Presso la stazione di utenza, verranno installati anche tutti i dispositivi di regolazione e controllo dell'energia immessa sulla rete e anche i sistemi di protezione degli impianti elettrici. L'intero

impianto con le apparecchiature installate risponderanno a quanto stabilito dalle Norme CEI generali (11-1) e specifiche.

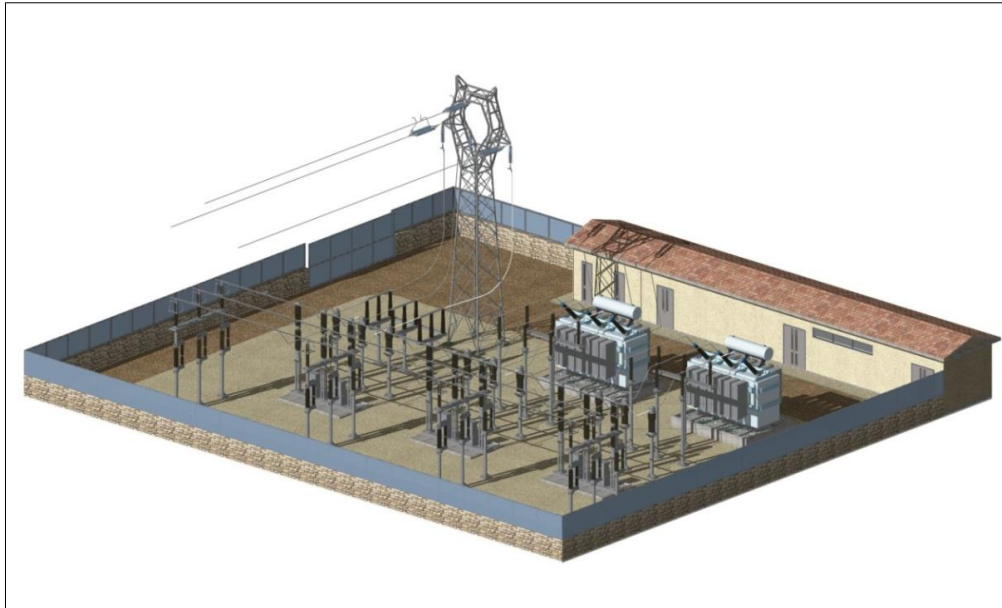


Figura 16: Tipica sottostazione MT/AT

5.2 UBICAZIONE DELL'OPERA

La nuova sottostazione 30/150 kV potrebbe essere ubicata nel Comune di Banzi (PZ) nei pressi della linea a 150 kV "Genzano – Palazzo San Gervasio – Forenza - Maschito" e interesserà un'area di circa 40x50 m che verrà interamente recintata e sarà accessibile tramite un cancello carrabile largo 7.0 m di tipo scorrevole posto in collegamento con viabilità di parco.

Per quanto riguarda i criteri progettuali adottati per la redazione del progetto della sottostazione 30/150 kV si seguiranno le specifiche tecniche emanate dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Terna S.p.A.) - "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN".

Per il dimensionamento della rete di terra, saranno seguite le prescrizioni della Norma CEI 99-2 e CEI 99-3.

5.3 CARATTERISTICHE DELLA PARTE DI POTENZA

La nuova sottostazione sarà composta di una sezione a 150 kV e da due sezioni a 30 kV (una per future installazioni).

La sezione a 150 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n. 1 sistema a semplice sbarra;
- n. 1 stallo primario trasformatore (TR);

I macchinari previsti consistono in:

- n. 2 TR 150/30 kV provvisti di variatore di tensione sotto-carico, con raffreddamento tipo ONAN.

Il montante linea o stallo linea sarà equipaggiato con:

- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, orizzontale a tre colonne/fase con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato per le lame principali e manuale per le lame di terra;
- n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno a ossido di zinco tipo completi di contascariche;
- n. 1 interruttore tripolare per esterno in SF6 equipaggiato con un comando a molla;
- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, verticale;
- n. 1 terna di trasformatori di corrente, unipolari isolati in gas SF6 con tre secondari (misure e protezioni).

Ogni montante trasformatore o stallo TR sarà equipaggiato con:

- n. 1 sezionatore di linea tripolare rotativo, orizzontale a tre colonne/fase con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato per le lame principali e manuale per le lame di terra;
- n. 1 interruttore tripolare per esterno in SF6 equipaggiato con un comando a molla;
- n. 1 terna di trasformatori di corrente, unipolari isolati in gas SF6 con quattro secondari (misure e protezioni);
- n. 1 terna di trasformatori di tensione induttivi per esterno, per misure fiscali (classe 0.2);
- n. 1 terna di scaricatori di sovratensione, per esterno a ossido di zinco tipo completi di contascariche;

- n. 1 trasformatore trifase di potenza 150/20(30) kV, 25 MVA, ONAN/ONAF, gruppo vettoriale YNd11, provvisto di commutatore sotto carico lato AT.

La massima altezza delle parti d'impianto sarà di 12 m.

5.4 CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI APPARECCHIATURE

Le apparecchiature installate, (e tutto l'impianto), saranno corrispondenti alle prescrizioni delle Norme CEI generali (11-1/1999) e specifiche. Le caratteristiche principali sono le seguenti:

Macchinario

Il macchinario principale è costituito da n. 1 trasformatore 150/30 kV le cui caratteristiche principali sono:

- Potenza nominale 25 MVA
- Tensione nominale 15/30 kV
- $V_{cc}\%$ 12%
- Commutatore sotto carico variazione del $\pm 10\% V_n$ con +5 e -5 gradini
- Raffreddamento ONAN/ONAF
- Gruppo Ynd11
- Potenza sonora 95 db (A)

Tensioni nominali (a vuoto)

- AT: 150 kV
- MT: 30 kV
- Regolazione sotto carico su AT: $\pm 10 \times 1.25\%$

Il trasformatore sarà provvisto dei seguenti accessori:

- valvola di sovrappressione con contatti ausiliari;
- termometro olio con contatti ausiliari;
- indicatore di livello olio con contatti ausiliari;
- n. 2 Silicagel;
- relè Buchholz con contatti ausiliari;

- motoventilatori;
- termostato per controllo motoventilatori;
- pannello di controllo motoventilatori;
- targa con indicazione dati nominali;
- valvole di drenaggio;
- cassetta per morsettiere IP55;
- golfari di sollevamento;
- due terminali di terra.

La cassa del trasformatore sarà rivestita con vernice epossidica poliuretana RAL 7031 di spessore 120 µm.

Apparecchiature sezione AT

Le principali apparecchiature costituenti il nuovo impianto sono interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di sovratensione a ossido metallico a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e di corrente per misure e protezioni. Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

Tensione massima sezione 150 kV	170 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Sbarre 150 kV	2000 A
Stallo linea 150 kV	2000 A
Stallo TR 150 kV	2000 A
Potere d'interruzione interruttori 150 kV	31.5 kA
Corrente di breve durata 150 kV	80 kA
Condizioni ambientali limite	-25/+40 °C
Salinità di tenuta superficiale degli isolamenti:	
Elementi 150 kV	56 g/l

13. Sezionatori orizzontali a tensione nominale 132-150 kV con lame di messa a terra	
GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	40-31.5
- valore di cresta (kA)	100-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	250
- verticale (N)	1000
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15
Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV, A)	Secondo classe A o B, Tab.1 CEI EN 61129

31. Scaricatori per tensione nominale a 150 kV	
GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	108
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	158
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 μs) (kV)	396
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 μs) (kV)	455
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 μs) (kV)	318
Corrente nominale di scarica (kA)	10
Valore di cresta degli impulsi di forte corrente (kA)	100
Classe relativa alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	3
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	40

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

35. Isolatore passante per esterno a tensione nominale a 150 kV			
Tipo		A condensatore	
Tipo di isolamento		Ved. par.6.1 doc. INEPI01031	
Applicazione		per Autotrasform. RTN (DOC. INEPI01012)	
Frequenza nominale		Hz	50
Tensione massima di fase terra		kV	170/√3
Tensione di tenuta sotto pioggia e a secco a frequenza di esercizio		kV	325
Tensione di tenuta a secco ad impulso atmosferico		kV	750
Prova di tensione nominale di lunga durata indotta (FILD) per l'ATR		kV	Ved. doc. INEPI01013
Corrente nominale		A	800 1250
Corrente termica nominale di breve durata	Valore efficace della componente simmetrica	kA	20 31
	Valore di cresta del primo picco	kA	51 80
Durata ammissibile di corrente termica nominale di breve durata		s.	2
Carico di prova alla flessione(**)		N	4000 (**)
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV		g/l	Da 14 a 56 (**)
Temperatura massima olio di immersione dell'ATR		°C	115
Angolo di montaggio rispetto alla verticale			< 30°
Temperatura SF6			
Massima		°C	70
Media giornaliera		°C	40
Pressione SF6			
Minima		kPa	310
Massima		kPa	750

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati
(**)Valori in base al livello II, Tab.1 Norma CEI EN 60137 (per gli isolatori passanti olio-olio/olio-SF₆ è sufficiente fare riferimento al livello I); il Costruttore dovrà concordare con il proprietario anche i valori di momento flettente da applicare sulla flangia degli isolatori olio-olio/olio-SF₆.

41. Condensatori per batterie a tensione nominale 132 – 150 kV		
Tipo		Statico monofase per esterno
Classe di temperatura		-25 A
Frequenza nominale (Hz)		50
Tensione nominale del condensatore elementare (kV)		A scelta del costruttore
Potenza del condensatore elementare (kVar)		A scelta del costruttore
Livello di isolamento del condensatore elementare (*)		
Tensione nominale di tenuta di breve durata a frequenza industriale (kV)		Ved. par. 18 della Norma CEI EN 60871-1
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico (kV cresta)		Ved. par. 18 della Norma CEI EN 60871-1
Livello di isolamento per la batteria completa (**)		
Tensione massima del sistema (kV)		145 kV 170 kV
Tensione nominale di tenuta di breve durata a frequenza industriale (kV)		275 325
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico (kV cresta)		omissis omissis
Montaggio		Verticale o orizzontale
Dielettrico		A scelta del costruttore
Tangente dell'angolo di perdita tra le armature (dopo stabilizzazione in ambiente a 75°C)		Da concordare tra costruttore e acquirente
Dispositivo di scarica		Vale quanto indicato al par. 21 della Norma CEI EN 60871-1 .
Tensione di perforazione		Da concordare tra costruttore e acquirente

(*) Per il livello di isolamento degli isolatori vale quanto indicato al par. 18.2.1. della Norma CEI EN 60871-1.

Apparecchiature sezione MT

Quadro MT

Il quadro di media tensione sarà con involucro metallico, adatto per installazioni all'interno. Gli

scomparti delle unità sono fra loro segregati e le parti in tensione sono isolate in aria. Il quadro è altamente modulare, quindi permette di scegliere le unità da affiancare in modo da soddisfare qualsiasi tipo di applicazione. Le unità funzionali del quadro sono garantite a tenuta d'arco interno in conformità alle norme IEC 62271-200. Tutte le operazioni di messa in servizio, manutenzione ed esercizio possono essere eseguite dal fronte. Gli apparecchi di manovra e i sezionatori di terra sono manovrabili dal fronte a porta chiusa.

Il quadro MT sarà costituito da:

- n. 2 celle di partenza per il campo agrivoltaico composte da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-67N-57N;
 - n. 2 TA toroidali 300/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 cella di arrivo da sottostazione composta da:
 - sezionatore rotativo IMS 36kV 630A 20 kA;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 1 cella protezione trafo SA composta da:
 - sezionatore rotativo a vuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - interruttore motorizzato sottovuoto 36 kV 630 A 20 kA;
 - relè di protezione 50-51-51N;
 - n. 1 TA toroidali 75/5 + n. 1 toroide omopolare;
 - terna di derivatori capacitivi in ingresso;
 - barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella;
 - sistema sbarre 30x10 mm, con n. 3 isolatori, per uscita cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre;
- n. 1 scomparto TV composto da:

- sezionatore rotativo 24kV 400A 16 kA (1)
- barra di terra dim. 25x3 mm sul fronte cella
- sistema sbarre 30x10 mm, con n.3 isolatori, per arrivo cavi e/o per collegamento su sistema di sbarre omnibus;
- n. 2 TV fase-fase 30/0,1kV;

Nella cabina saranno previsti:

- un vano trafo SA costituito da:
 - trafo 100 kVA ermetico in olio 30/0.4 kV;
- un vano BT costituito da:
 - n. 1 quadro SA, CC e CA con periferica.

Il quadro MT avrà le seguenti caratteristiche elettriche:

- Tipo di Quadro:	IP30
- Tensione nominale:	36 kV
- Tensione di prova a frequenza industriale:	70 kVrms
- Tensione di tenuta a impulso (1.2/50 micro-sec. onda):	170 kV picco
- Tensione di servizio:	36 kV
- Frequenza nominale:	50 Hz
- Corrente nominale delle sbarre principali:	1000 A
- Corrente nominale di breve durata:	20 kA rms
- Durata:	1 s
- Corrente di cresta:	40 kA picco

Apparecchiature sezione BT

Trasformatore MT/BT servizi ausiliari

È prevista la fornitura di un trasformatore MT/BT per i servizi ausiliari con le seguenti caratteristiche:

- Tipo:	MACE 100 kVA
- Metodo di raffreddamento:	ONAN
- Potenza nominale:	100 kVA

- Tensioni nominali (a vuoto):	30 kV – 0.40 kV
- Collegamento fasi:	Triangolo (MT) – Stella (BT)
- Vcc%	6%

Sistema di distribuzione CA/CC

Il sistema di distribuzione sarà da un quadro elettrico composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- raddrizzatore/caricabatterie a due rami con le seguenti caratteristiche:
 - tensione ingresso 230 V;
 - tensione uscita 110 V;
 - stabilità tensione $\pm 1\%$
- pannello di distribuzione CA e CC;
- n. 9 batterie ermetiche di accumulatori al piombo 12 V 40 A/h

Servizi ausiliari

Il quadro servizi ausiliari sarà composto da:

- carpenteria metallica 800x800x2250 mm;
- sistema periferico di controllo;
- interruttori, contattori, strumenti di misura e accessori come da schema elettrico.

Impianto elettrico e di illuminazione

L'impianto elettrico, del tipo sfilabile, è realizzato con cavo unipolare FG16(O)R16, con tubo in materiale isolante a vista e consente la connessione di tutti gli apparati necessari per il funzionamento della cabina.

In particolare, si avrà:

- plafoniere stagne 2x36 W equipaggiate con lampade del tipo a basso consumo energetico;
- lampade di emergenza da 18 W tipo SE, autonomia 2 ore;
- prese 10/16 A;
- prese shuko;
- interruttori unipolari da 10 A;

-
- impianto antintrusione;
 - impianto rilevazione incendio

Cavi elettrici

I cavi elettrici MT saranno posati per i collegamenti tra il campo agrivoltaico e le celle MT e per il trasformatore ausiliario.

Le caratteristiche del cavo unipolare saranno le seguenti:

- tipo ARE4H1R 18/30 KV;
- sezioni adeguate ai carichi;
- conduttore in corda di fili di rame;
- isolamento in EPR oppure XLPE;
- schermo semiconduttore sulla superficie esterna dell'isolante;
- schermo metallico in fili di rame;
- guaina protettiva esterna in PVC.

I terminali cavo proposti saranno del tipo autorestringente/termorestringente (quadro MT e trasformatori di distribuzione S.A.), di tipo sconnettibile ove necessario.

I cavi BT saranno di tipo unipolare e multipolari, non propaganti l'incendio secondo CEI 20-22-II, con corda flessibile in rame, del tipo FG16. Le sezioni considerate sono:

- sezione minima 1,5 mm² per linea luci e segnali;
- sezioni cavi linea potenza 2,5 mm².

I cavi di comando e controllo saranno schermati. I cavi per i cablaggi elettrici dei quadri e per i servizi generali (luce, f.m. ecc.) posati in tubo PVC, saranno costituiti da conduttori flessibili in rame isolati in PVC, non propaganti l'incendio secondo CEI 20-22 II, 450/750 V.

5.5 SISTEMA DI PROTEZIONE, MONITORAGGIO, COMANDO E CONTROLLO

La sottostazione può essere controllata da: un sistema locale di controllo in sala quadri e un sistema di telecontrollo da una o più postazioni remote.

I sistemi di controllo (comando e segnalazione), protezione e misura sono collegati con cavi tradizionali multifilari alle apparecchiature di alta tensione dello stallo e con cavi a fibre ottiche alla sala quadri centralizzata. Essi hanno la funzione di provvedere al comando, al rilevamento segnali e misure e alla protezione dello stallo, agli interblocchi tra le apparecchiature di stallo e tra queste e apparecchiature di altri stalli, all'elaborazione dei comandi in arrivo dalla sala quadri e a quella dei segnali e misure da inoltrare alla stessa, alle previste funzioni di automazione dello stallo, all'oscillografia di stallo e all'acquisizione dei dati da inoltrare al registratore cronologico di eventi.

I sistemi di controllo (comando e segnalazione), protezione e misura centralizzati, installati nell'edificio centrale, sono interconnessi tra loro con cavi a fibre ottiche e hanno la funzione di connettere l'impianto con i sistemi remoti di telecontrollo, di provvedere al controllo e all'automazione a livello d'impianto di tutta la sottostazione, alla restituzione dell'oscillografia e alla registrazione cronologica degli eventi.

Dalla sala quadri centralizzata è possibile il controllo della sottostazione quando venga a mancare il sistema di teletrasmissione o quando questo è messo fuori servizio per manutenzione.

In sala quadri la situazione dell'impianto (posizione degli organi di manovra) le misure e le segnalazioni sono rese disponibili su un display video dal quale, con adeguata interfaccia uomo-macchina è altresì possibile effettuare le manovre di esercizio.

5.6 OPERE CIVILI

I movimenti di terra per la realizzazione della nuova sottostazione consisteranno nei lavori civili di preparazione del terreno e negli scavi necessari alla realizzazione delle opere di fondazione (edifici, portali, fondazioni macchinario e apparecchiature, torri faro, etc...). La stazione in oggetto si svilupperà su un unico livello pressoché pianeggiante senza dislivello eccessivo.

L'area di cantiere in questo tipo di progetto sarà costituita essenzialmente dall'area su cui insisterà l'impianto.

I lavori civili di preparazione, in funzione delle caratteristiche planoaltimetriche e fisico/meccaniche del terreno, consisteranno in un eventuale sbancamento/riporto al fine di ottenere un piano a circa 600÷800 mm rispetto alla quota del piazzale di stazione, ovvero in uno scortico superficiale di circa 40 cm con scavi a sezione obbligata per le fondazioni; il criterio di gestione del materiale scavato

prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e successivamente il suo utilizzo per il riempimento degli scavi e per il livellamento del terreno alla quota finale di progetto, previo accertamento, durante la fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il riutilizzo in sito.

In caso i campionamenti eseguiti forniscano un esito negativo, il materiale scavato sarà destinato a idonea scarica, con le modalità previste dalla normativa vigente e il riempimento verrà effettuato con materiale inerte d'idonee caratteristiche.

Le aree sottostanti le apparecchiature di AT saranno sistemate con pietrisco, mentre le strade e i piazzali di servizio saranno pavimentati con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso. Le fondazioni delle apparecchiature di AT saranno in conglomerato cementizio armato e adeguate alle sollecitazioni previste (peso, vento, corto circuito).

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche, sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte in una vasca di prima pioggia con disoleatore per essere successivamente conferite a un corpo ricettore compatibile con la normativa in materia di tutela delle acque. Il sistema di drenaggio includerà:

- pozzetti in c.a.p. con caditoia in ghisa, 60x60xh200 cm, per carichi pesanti;

Le acque di scarico dei servizi igienici saranno raccolte in un apposito serbatoio a svuotamento periodico di adeguate caratteristiche.

Per l'ingresso alla sottostazione, sarà previsto un cancello carrabile largo 7.0 metri, la recinzione perimetrale sarà costituita da manufatti prefabbricati in cls, di tipologia aperto/chiuso.

L'impianto di distribuzione forza motrice esterno sarà realizzato nell'area della sottostazione e sarà costituito da:

- prese interbloccate 2x16A+N+T – 3x32A+N+T – 2x10A+T;
- qb tubazioni PVC/acciaio zincato serie pesante tipo conduit UNI 3824 per la protezione meccanica dei cavi di collegamento;
- qb cassette di derivazione in PVC dimensioni 150x150mm;
- qb fileria antifiamma N07VK 450/750 V sezione 10/16 mm², da posare all'interno delle tubazioni s.d., per il collegamento delle armature al rispettivo quadro ausiliario.

L'illuminazione della stazione sarà realizzata con pali alti 12 m con armatura stradale di classe II esecuzione stagna IP65 complete di lampade a led da 150 W.

Sarà previsto un impianto d'illuminazione di emergenza realizzato con armature fluorescenti stagne AD-FT, con lampade da 20 W, reattore elettronico, montate a soffitto, alimentate da inverter. Per evitare di scaricare la batteria in assenza del personale della manutenzione, l'illuminazione di emergenza sarà inserita manualmente.

I locali di quadri controllo, supervisione e misure saranno provvisti di un impianto di riscaldamento tramite ventilconvettori di potenza 1000–1500 W, 230 V, con termostato ambiente.

L'edificio sarà munito di un impianto di rilevazione e segnalazione incendi messo in opera sia nei cunicoli cavi all'interno dell'edificio che all'interno dell'edificio stesso e sarà costituito da:

- n. 1 centrale convenzionale a zone comprensiva di accumulatori da 12 V 7Ah, tastiera a membrana con tasti funzione, relè di uscita per invio segnale al sistema di controllo;
- n. qb. rivelatori ottici di fumo analogici completi di base di fissaggio;
- n. qb. rivelatori termovelocimetri analogici completi di base di fissaggio;
- n. qb. pulsanti manuali a rottura di vetro completi di modulo d'indirizzo;
- n. qb. pannelli ottico acustici completi di scritta intercambiabile, in versione IP54;
- cavi antifiamma twistati schermati 2x1.5 mm².

Le porte di accesso all'edificio quadri di sottostazione saranno dotate di contatto di allarme per segnalare l'avvenuta apertura. I contatti saranno collegati a una centralina a microprocessore.

5.7 COLLEGAMENTO ALLA STAZIONE RTN

Il collegamento alla stazione RTN permetterà di convogliare l'energia prodotta dal parco agrivoltaico alla rete ad alta tensione. A tal fine, l'energia prodotta alla tensione di 30 kV, dall'impianto sarà inviata allo stallo di trasformazione della stazione di Utenza 30/150 KV; qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 30/150 kV, alle sbarre della sezione 150 kV della futura stazione di Rete della RTN mediante un collegamento in cavo AT interrato tra i terminali cavo della stazione d'utenza e i terminali cavo del relativo stallo in stazione di rete.

5.7.1 Cavidotto interrato AT

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima prevista dallo stallo della futura stazione RTN. Se si considera una potenza massima di 250 MW, si ha:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\varphi} = \frac{250 * 10^6}{\sqrt{3} * 150000 * 0.95} = 1014.0 \text{ A}$$

Dalla tabella dei cavi, per un cavo di sezione pari a 1200 mm² e per le condizioni standard da

XDRCU-ALT Single-core Cable 220/127 (245) kV 220/127 kV

with Copper wire screen and Aluminium laminated sheath

Construction


- Aluminium conductor, round stranded or segmented, optionally with longitudinal water barrier
- Inner semi-conductive layer firmly bonded to the XLPE insulation
- XLPE main insulation, cross-linked
- Outer semi-conductive layer firmly bonded to the XLPE insulation
- Copper wire screen with semi-conductive swelling tapes above and below as longitudinal water barrier
- Aluminium foil, overlapped and glued as radial diffusion barrier bonded to the oversheath
- Thermoplastic oversheath as mechanical protection, optionally with semi-conductive and/or flame-retardant layer

Remarks
The inner semi-conductive layer, the XLPE main insulation and the outer semi-conductive layer are extruded in a single operation applying a dry curing and a water or nitrogen cooling method.

Features

- Very low weight
- Low losses
- Low cost
- Internationally proven design
- Suitable for most applications

Standards
IEC 62067
IEEA S-108-720
AECI CS9-06



Technical data

Conductor cross-section	Outer diameter (approx.)	Cable weight (approx.)	AC resistance	AC resistance	Reactance	Reactance	Capacitance	Min. bending radius	Max. pulling force
mm ²	mm	kg/m	mΩ/km	mΩ/km	mΩ/km	mΩ/km	μf/km	mm	kN
400	97	10	101.0	101.0	147	232	0.126	2000	12
500	97	10	78.9	78.7	141	227	0.136	2000	15
630	98	10	62.0	61.5	132	217	0.158	2000	19
800	101	11	49.5	48.8	126	209	0.173	2100	24
1000	103	12	40.5	39.5	121	203	0.190	2100	30
1200	106	13	35.5	34.3	117	197	0.208	2200	36
1400	111	14	27.6	27.5	111	188	0.239	2300	42
1600	115	15	24.4	24.2	110	185	0.248	2300	48
2000	119	16	19.8	19.5	107	180	0.263	2400	60
2500	126	18	17.1	16.8	104	173	0.285	2600	75

Capacity

Installation Amb. temp. Soil resist. Load factor	30 °C 1.0 Km/MW		36 °C in air	
	A	A	A	A
400	531	581	629	674
500	606	665	720	774
630	694	767	831	900
800	785	873	945	1030
1000	876	962	1060	1165
1200	944	1065	1148	1270
1400	1079	1207	1303	1449
1600	1153	1293	1412	1555
2000	1283	1450	1577	1776
2500	1369	1579	1716	1919

catalogo, considerando la posa in piano, otteniamo un valore di corrente massimo pari a 1065 A, da cui si evince che la sezione selezionata è adeguata al trasporto della potenza richiesta.

La linea elettrica sarà costituita da una terna di cavi in alluminio con sezione 1x1200 mm² (diametro esterno cavo 106 mm), ad isolamento solido in polietilene reticolato (XLPE), con una portata nominale 1065 A (@ 20°C, posa in piano), i quali saranno posati in tratte con lunghezze analoghe. Il collegamento delle guaine- schermo sarà del tipo "Single Point Bonding", mediante la posa di un cavo unipolare in rame (insieme alla terna

Figura 17: Data Sheet cavo AT

di cavi unipolari AT) della sezione nominale di 400 mm² per il collegamento in parallelo delle terre dei terminali al fine

di evitare pericolosi valori di tensione di passo e di contatto.

La posa sarà effettuata con la disposizione "in piano" principalmente sul fondo di una trincea scavata ad una profondità di 150 cm.

I cavi saranno terminati nelle sottostazioni di partenza/arrivo con terminali montati su apposite strutture di sostegno (una per ciascun cavo).

Le dimensioni nominali della trincea di posa per semplice terna saranno di 90 cm di larghezza per 150 cm (minimo) di profondità. Nei tratti in trincea il cavo sarò posato con disposizione in piano, su di un letto di posa dello spessore di 10 cm costituito da sabbia o cemento; il tutto sarò poi ricoperto da un ulteriore strato dello spessore di 50 cm di cemento magro.

Verrà inoltre posata, a quota di 20 cm al di sopra del bauletto in cemento, una rete di segnalazione in materiale plastico di colore rosso-arancio con applicato sulla faccia superiore un nastro con la scritta "CAVI a 150.000 Volt" (o equivalente).

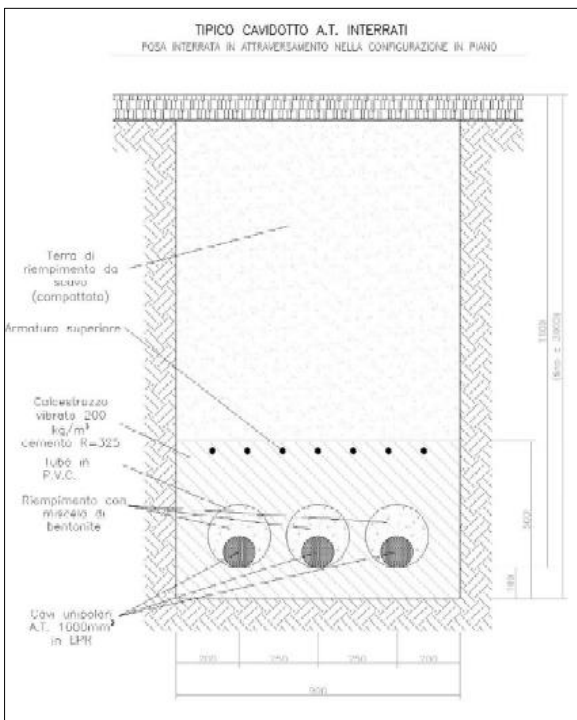


Figura 18: Posa tipo cavo AT

Laddove necessario verrà inoltre posata una palina con targa monitoria, piantata sul terreno a margine del tracciato del cavidotto.

Gli scavi verranno reinterrati con inerti di caratteristiche adeguate; per i tratti asfaltati dovrà essere ricostruito il sottofondo pre-bitumato per uno spessore di 30 cm ed un tappeto d'usura per uno spessore minimo di 3 cm.

In corrispondenza degli attraversamenti stradali la posa sarà effettuata in tubo. Tale operazione potrà avvenire con il sistema spingi tubo tradizionale. In casi particolari potrà essere utilizzato il sistema di perforazione teleguidata, consistente nell'esecuzione di un foro di attraversamento nel

quale verranno infilati tubi in PVC a protezione di ogni cavo componente la terna.

I cavi in progetto, con isolamento in XLPE e conduttore in alluminio sono formati secondo il seguente schema costruttivo (tabella tecnica TERNA UX LK101):

- conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di alluminio;
- schermo semiconduttore;
- isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi;
- schermo semiconduttore;
- dispositivo di tamponamento longitudinale dell'acqua;

-
- schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione e deve contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo, assicurare la tenuta ermetica radiale, consentire il passaggio delle correnti di corto circuito;
 - rivestimento protettivo esterno costituito da un a guaina di PE nera grafitata.

6 VERIFICHE DI COLLAUDO

L'impianto fotovoltaico e relativi componenti saranno realizzati nel rispetto delle norme tecniche richiamate di settore. Le verifiche di collaudo e le prove di collaudo dell'impianto saranno in parte effettuate durante l'esecuzione dei lavori, in parte appena ultimato l'impianto. La verifica tecnico-funzionale dell'impianto consiste nell'effettuare i controlli elencati nella tabella seguente:

	Controllo
Disposizione componenti Strutture di sostegno	Disposizione componenti come riportate nel progetto esecutivo Serraggio delle connessioni bullonate integrità della geometria Stato della zincatura sui profili in acciaio
Generatore fotovoltaico	Integrità della superficie captante dei moduli Controllo di un campione di cassette di terminazione Uniformità di tensioni, correnti e resistenza di isolamento delle stringhe fotovoltaiche Efficacia dei diodi di blocco
Prova di sfilamento dei cablaggi in ingresso ed in uscita Quadro/i elettrici	Integrità dell'armadio
Rete di terra	Continuità dell'impianto di terra Verifica, attraverso la battitura dei cavi, la correttezza della polarità e marcatura secondo gli schemi elettrici di progetto
Prove funzionali	Corretto funzionamento dell'impianto agrivoltaico nelle diverse condizioni di potenza e nelle varie modalità previste dal convertitore c.c/c.a.
Prove di prestazione elettrica del Sistema	Prestazione in corrente continua

Le verifiche di cui sopra saranno eseguite da un tecnico abilitato. Con questi controlli si garantisce che il rendimento della sezione in continua sia maggiore dell'85%, quello della sezione di conversione sia maggiore del 90%.