



PROVINCIA DI
PALERMO



COMUNE DI
PALAZZO ADRIANO



REGIONE
SICILIANA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO

NEL COMUNE DI PALAZZO ADRIANO (PA)

Potenza massima di picco: 30.758 kWp
Potenza massima di immissione: 35.600 kW

ELABORATI PROGETTUALI

CODICE ELABORATO

TITOLO ELABORATO

AF.R07

*DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE
DEGLI ELEMENTI TECNICI DI TUTTE LE OPERE*

COMMITTENTE



INE POLLICIA SOTTANA S.r.l.
Piazza di Sant'Anastasia n. 7
00186 Roma
P.IVA 16360451005

INE POLLICIA SOTTANA S.R.L.
a company of ILOS New Energy Italy
P.IVA e C.F.: IT 11360451005
Sede legale: Piazza di Sant'Anastasia 7, 00186 Roma
inepolliciasottana@newalm.it

Firmato Digitalmente

PROGETTAZIONE

2ASINERGY

#innovativeengineering

2A SINERGY S.r.l. S.B.

Piazza Giuseppe Verdi 8
00198 Roma
Tel. 0968 201203
P.IVA 03384670794

Progettista: Ing. Enrico Gadaleta



ENTI

DATA: LUGLIO 2022

SCALA:

FORMATO CARTA: A4

Sommario

1	OGGETTO.....	3
2	DATI PRINCIPALI DI PROGETTO.....	3
	IMPIANTO AGRIVOLTAICO	4
3	CARATTERISTICHE GENERALI DELLE OPERE DA REALIZZARE E SUOI ELEMENTI COSTITUENTI (Impianto FV).....	4
3.1	Strutture di supporto dei moduli fotovoltaici	5
3.2	Moduli fotovoltaici e stringhe	5
3.3	Quadri elettrici di campo o di parallelo stringhe	8
3.4	Cabine elettriche.....	8
3.4.1	Conversione CC/CA (Inverter).....	8
3.4.2	Gruppo conversione/trasformatore	10
3.5	Cabina di smistamento	11
4	OPERE CIVILI.....	12
4.1	Preparazione del sito	12
4.2	Realizzazione di strade interne.....	12
4.3	Realizzazione trincee e cavidotti.....	13
4.4	Realizzazione recinzione perimetrale e cancelli	13
4.5	Realizzazione sistema di illuminazione e videosorveglianza.....	13
4.6	Regimentazione Idraulica.....	15
5	OPERE ELETTRICHE.....	16
5.1	Collegamenti elettrici e cablaggi.....	16
5.2	Elettrodotti MT.....	17
5.2.1	Cavi AT.....	17
5.2.2	Temperatura di posa.....	18
5.2.3	Prova di isolamento.....	18
5.2.4	Giunzioni e terminazioni MT.....	18
5.3	Tubazioni.....	20
5.4	Impianti di sicurezza	20
6	SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO	21
6.1	Misure di protezione generale	21
6.2	Protezione contro corto circuiti sul lato c.c. dell'Impianto	21
6.3	Protezione da contatti accidentali lato c.c.	22
6.4	Protezione dalle fulminazioni.....	22
6.5	Sicurezza sul lato c.a. dell'Impianto	22
6.6	Impianto di messa a terra.....	23

1 OGGETTO

Il progetto di cui la presente relazione è parte integrante, ha come scopo la realizzazione di un impianto per la produzione di Energia Elettrica da fonte Solare Fotovoltaica e delle relative opere di connessione alla Rete Nazionale, costituite da un cavidotto MT a 30 kV. Come da STMG, l'impianto sarà collegato in antenna a 30 kV con una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 220/30 kV della RTN.

*L'impianto sarà denominato "**Palazzo Adriano**" ed avrà una potenza di picco di 30,758 MWp e in immissione di 35,60 MWac. L'impianto sarà ubicato nel Palazzo Adriano (PA), Sicilia.*

I moduli fotovoltaici saranno montati su strutture metalliche fisse. L'impianto sarà connesso alla Rete Nazionale e prevede la totale cessione dell'energia prodotta alla Società Terna S.p.A.

2 DATI PRINCIPALI DI PROGETTO

PROPONENTE	
<i>Ragione Sociale</i>	<i>Ine Pollicia Sottana S.r.l.</i>
<i>Sede Legale</i>	<i>Piazza di Santanastasia,7 - 00186</i>
UBICAZIONE DELLE OEPRE	
<i>Collocazione geografica</i>	<i>Palazzo Adriano (Palermo)</i>
<i>Altitudine s.l.m.</i>	<i>310 m s.l.m.</i>
<i>Coordinate geografiche Impianto</i>	<i>37°33'46.11"N - 13°23'46.65"E</i>
DATI TECNICI IMPIANTO	
<i>Potenza di picco</i>	<i>30,758 MWp</i>
<i>Massima tensione in c.c. in ingresso Inverter</i>	<i>< 1.500 V</i>
<i>Collegamento alla rete</i>	<i>Terna S.p.A.</i>
<i>Tensione nominale</i>	<i>30 kV</i>

IMPIANTO AGRIVOLTAICO

3 CARATTERISTICHE GENERALI DELLE OPERE DA REALIZZARE E SUOI ELEMENTI COSTITUENTI (Impianto FV)

L'elemento principale di un Impianto agrivoltaico, è la "cella fotovoltaica" (di cui si compongono i moduli fotovoltaici e dei quali si dirà più avanti), che grazie al materiale semiconduttore di cui è composta, trasforma l'energia luminosa derivante dal sole in corrente continua (c.c.) che viene poi convertita a mezzo degli Inverter, in corrente alternata (c.a.) per essere così ceduta alla Rete Nazionale.

In linea generale, i componenti principali di un impianto agrivoltaico sono:

- *i moduli fotovoltaici (costituiti dalle celle su descritte);*
- *i cavi elettrici di collegamento;*
- *gli inverter;*
- *i trasformatori BT/MT;*
- *i quadri di protezione e distribuzione in alta tensione;*
- *gli elettrodotti in alta tensione;*
- *i contatori per misurare l'energia elettrica prodotta dall'impianto;*
- *la cabina MT di smistamento.*

L'impianto agrivoltaico in oggetto avrà le seguenti caratteristiche:

- *potenza installata lato DC: 30,758 MWp;*
- *potenza dei singoli moduli: 700 Wp;*
- *n. 10 cabine di conversione e trasformazione dell'energia elettrica;*
- *n. 1 Cabina di Raccolta AT*
- *n. 2 cabina magazzino.*

sarà costituito inoltre da:

- *rete elettrica interna a bassa tensione e corrente continua;*
 - *rete elettrica interna a 30 kV per il collegamento sia in entra-esce che ad anello tra le cabine di trasformazione fino alla cabina di smistamento;*
 - *rete telematica interna di monitoraggio per il controllo dell'impianto agrivoltaico.*
-

3.1 Strutture di supporto dei moduli fotovoltaici

Il progetto del presente impianto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici montati su strutture metalliche fisse. L'infissione del palo di sostegno sarà eseguita a mezzo di battipalo o con uso di pre-drilling. La profondità standard di infissione è di 2 m. Tuttavia, in fase esecutiva in base alle caratteristiche del terreno ed ai calcoli strutturali tale valore potrebbe subire modifiche che tuttavia si prevede siano non eccessive (come l'utilizzo di pali più profondi o cemento su alcuni pali). Questa tipologia di struttura faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, riducendo drasticamente le modifiche subite dal suolo. E' importante evidenziare che le altezze minime e massime della struttura di supporto dei moduli fotovoltaici potranno essere rispettivamente 400 mm e 3.500 mm (con variazioni di 100 mm a seconda della caratteristica del terreno).

I moduli saranno montati in posizione orizzontale su due file, in numero tale da formare tre tipologie di strutture:

- *Tracker da 52 moduli, 2 stringhe in serie;*
- *Tracker da 26 moduli, 1 stringhe in serie;*
- *Tracker da 13 moduli, 0,5 stringhe in serie;*

3.2 Moduli fotovoltaici e stringhe

MODULI FOTOVOLTAICI

*Il progetto prevede l'installazione di moduli fotovoltaici del tipo mono-cristallino aventi potenza nominale alle **STC (Standard Test Condition)** pari a 700 Wp; avranno dimensioni pari a 2.384 x 1.303 mm.*

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche dei moduli scelti.

ELECTRICAL PARAMETERS @ STC

Max. Power Output Pmax (W)	680 Front	577 Back	685 Front	580 Back	690 Front	585 Back	695 Front	589 Back	700 Front	593 Back
Power Tolerance	0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%	
Max. Power Voltage Vmp (V)	42.08	42.68	42.32	42.82	42.55	43.05	42.77	43.27	43.00	43.50
Max. Power Current Imp (A)	16.16	13.53	16.19	13.55	16.22	13.58	16.25	13.60	16.28	13.63
Open Circuit Voltage Voc (V)	49.20	48.60	49.40	48.90	49.60	49.10	49.80	49.30	50.00	49.50
Short Circuit Current Isc (A)	17.18	14.38	17.20	14.40	17.22	14.42	17.24	14.43	17.26	14.45
Module Efficiency (%)	21.90	18.60	22.10	18.70	22.20	18.80	22.40	19.00	22.50	19.10

*STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000W/m² , Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5

*Measurement Tolerance (±3.0%)

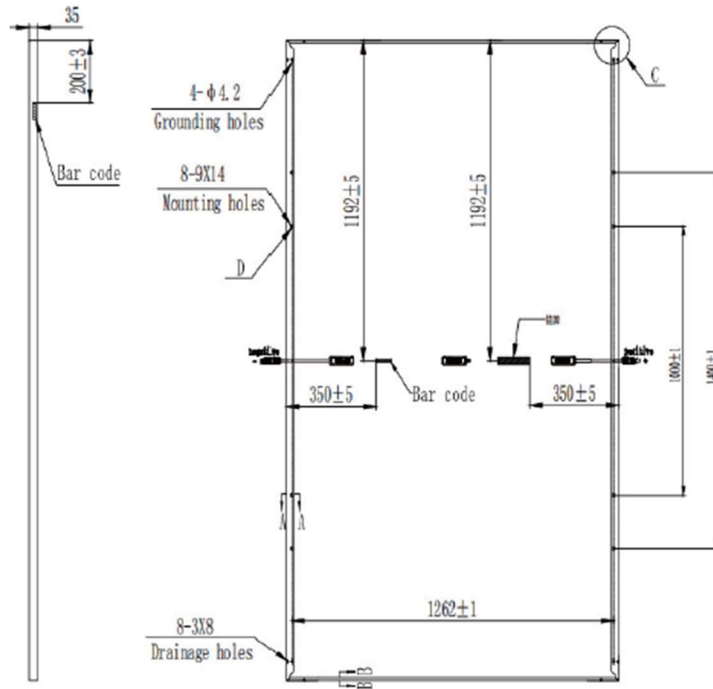
Inegrated Power @ STC (Refrence to 690W front)

Power Gains	5%	10%	15%	20%	25%
Max. Power Output Pmax (W)	725	759	792	826	861
Max. Power Voltage Vmp (V)	42.55	42.55	42.45	42.45	42.45
Max. Power Current Imp (A)	17.03	17.84	18.65	19.46	20.28
Open Circuit Voltage Voc (V)	49.60	49.60	49.70	49.70	49.70
Short Circuit Current Isc (A)	18.08	18.94	19.80	20.66	21.53

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature Coefficients of Pmp	-0.24%/ °C
Temperature Coefficients of Voc	-0.22%/ °C
Temperature Coefficients of Isc	+0.047%/ °C

Principali caratteristiche dei moduli fotovoltaici



Principali caratteristiche dimensionali dei moduli fotovoltaici

MECHANICAL PARAMETERS

Cell Type	HJT 210x105mm
Number of Cells	132pcs(6x22)
Dimensions (L*W*H)	2384x1303x35mm
Weight	38.7kg
Frame	Anodised Aluminum
Junction Box	IP67, 3 bypass diodes
Cable, Length	4.0mm ² , 300mm

OPERATING CONDITION

Maximum System Voltage(V)	1500(DC)
Operating Temperature(°C)	-40~+85
Max. Wind Load / Snow Load(pa)	2400/5400
Max. Over Current(A)	30
Fire Rating	Class A
NOCT(°C)	45±2

Principali caratteristiche dimensionale e meccaniche dei moduli fotovoltaici

STRINGHE

Più moduli sulla stessa struttura saranno collegati tra loro in serie, a formare una "stringa". Questa sarà costituita da 26 moduli. Ogni struttura ospiterà un massimo di 2 stringhe, quindi 52 moduli, che afferiranno ad un Quadro elettrico di campo posizionato in prossimità delle strutture portamoduli.

3.3 Quadri elettrici di campo o di parallelo stringhe

*Il Quadro, detto anche di Parallelo Stringhe, raccoglie la corrente continua in **Bassa Tensione** prodotta dai moduli. Questa è poi trasferita sempre in **c.c. e BT**, al gruppo di conversione dove avverrà la trasformazione in **c.a. (corrente alternata)**. Il gruppo di conversione sarà alloggiato all'interno di una Cabina elettrica di Campo.*

3.4 Cabine elettriche

Le cabine elettriche di campo saranno costituite da Shelter prefabbricati ed preassemblati in stabilimento dal produttore. Questi ospiteranno al loro interno il Gruppo Conversione/Trasformazione (Inverter + Trasformatore BT/MT) ed il Quadro MT, costituito dalle celle/scomparti per l'arrivo e la partenza delle linee di Alta Tensione dell'Impianto. Le Cabine avranno dimensioni pari a 20 x 4 x 4,5 m (LxWxH) e saranno poggiate su una vasca di fondazione prefabbricata, la cui funzione sarà anche quella di vasca porta cavi (in prossimità della Cabina o all'interno della vasca di fondazione, sarà predisposta una scorta di cavo di 5-10 m).

A sua volta la vasca sarà poggiata su strato di allettamento costituito da una soletta in calcestruzzo magro debolmente armata.

3.4.1 Conversione CC/CA (Inverter)

Il gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o inverter) attua il condizionamento e il controllo della potenza trasferita. Esso deve essere idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. In particolare il gruppo deve essere rispondente alle norme su EMC e alla Direttiva Bassa Tensione (73/23/CEE e successiva modifica 93/68/CEE).

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura devono essere compatibili con quelli del campo fotovoltaico cui è connesso, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete del distributore alla quale viene connesso. Il convertitore deve, preferibilmente, essere basato su inverter a commutazione forzata (con tecnica PWM) ed essere in grado di operare in modo completamente automatico, inseguendo il punto di massima potenza (MPPT) del campo fotovoltaico. Tra i dati di targa deve figurare la

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

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

Quindi, per ridurre al minimo le interferenze è bene evitare di installare il convertitore vicino a apparecchi sensibili e seguire le prescrizioni del costruttore, ponendo attenzione alla messa a terra dell'inverter e collegandolo il più a monte possibile nell'impianto dell'utente utilizzando cavidotti separati (sia per l'ingresso dal campo fotovoltaico che per l'uscita in ca).

L'Inverter avrà le seguenti caratteristiche principali:

- *conformità alle normative europee di sicurezza;*
- *disponibilità di informazione di allarme e di misura sul display integrato;*
- *funzionamento automatico, quindi semplicità d'uso e di installazione;*
- *sfruttamento ottimale del campo fotovoltaico con la funzione MPPT integrata;*
- *elevato rendimento globale;*
- *massima sicurezza, con il trasformatore di isolamento a frequenza di rete incorporato;*
- *forma d'onda di uscita perfettamente sinusoidale;*
- *possibilità di monitoraggio, di controllo a distanza e di collegamento a PC per la raccolta e l'analisi dei dati (tipicamente interfaccia seriale RS485).*

L'inverter sarà certificato CE e munito di opportuna certificazione sia sui rendimenti che sulla compatibilità elettromagnetica.

Gli inverter scelti per il presente progetto avranno potenza nominale in c.a. pari a 2.000 kVA. A tal proposito, si fa presente che l'inverter definitivo verrà scelto in funzione delle tecnologie disponibili

sul mercato europeo al momento della costruzione, e quindi, poiché la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, si presume che dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione, tali tecnologie potrebbero cambiare; pertanto gli inverter che verranno presi in considerazione saranno ovviamente quelli di ultima generazione.

A valle dell'Inverter vi sarà un Trasformatore elevatore di tensione, per la trasformazione da **Bassa Tensione (BT)** a **Media Tensione (MT)**.

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche dell'Inverter scelto.

3.4.2 Gruppo conversione/trasformatore

La funzione del Trasformatore è quella di elevare la Tensione in uscita dagli Inverter, sino a 30.000 V (**30 kV**), idonea per essere trasportata sino alla SE Terna 30/220 kV senza eccessive perdite.

Come detto il Trasformatore MT è parte integrante del gruppo conversione/trasformazione alloggiato all'interno dello Shelter prefabbricato prima detto.

Si tratterà di trasformatori con liquido isolate costituito da olio minerale. Specifica trattazione sul rischio incendi è parte del presente progetto (v. Relazione Antincendio).

Nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche elettriche del gruppo Inverter/Trafo.

Technical Data	Sunny Central 2500-EV	Sunny Central 2750-EV	Sunny Central 3000-EV
Input (DC)			
MPP voltage range V_{DC} (at 25°C / at 35°C / at 50°C)	850 V to 1425 V / 1200 V / 1200 V	875 V to 1425 V / 1200 V / 1200 V	956 V to 1425 V / 1200 V / 1200 V
Min. input voltage $V_{DC, min}$ / Start voltage $V_{DC, Start}$	778 V / 928 V	849 V / 999 V	927 V / 1077 V
Max. input voltage $V_{DC, max}$	1500 V	1500 V	1500 V
Max. input current $I_{DC, max}$ (at 35°C / at 50°C)	3200 A / 2956 A	3200 A / 2956 A	3200 A / 2970 A
Max. short-circuit current rating	6400 A	6400 A	6400 A
Number of DC inputs	24 double pole fused (32 single pole fused) for PV		
Number of DC inputs with optional DC coupled storage	18 double pole fused (36 single pole fused) for PV and 6 double pole fused for batteries		
Max. number of DC cables per DC input (for each polarity)	2 x 800 kcmil, 2 x 400 mm ²		
Integrated zone monitoring	○		
Available DC fuse sizes (per input)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A		
Output (AC)			
Nominal AC power at $\cos \phi = 1$ (at 35°C / at 50°C)	2500 kVA / 2250 kVA	2750 kVA / 2500 kVA	3000 kVA / 2700 kVA
Nominal AC power at $\cos \phi = 0.8$ (at 35°C / at 50°C)	2000 kW / 1800 kW	2200 kW / 2000 kW	2400 kW / 2160 kW
Nominal AC current $I_{AC, nom} = \text{Max. output current } I_{AC, max}$	2624 A	2646 A	2646 A
Max. total harmonic distortion	< 3% at nominal power	< 3% at nominal power	< 3% at nominal power
Nominal AC voltage / nominal AC voltage range ^{1) 8)}	550 V / 440 V to 660 V	600 V / 480 V to 720 V	655 V / 524 V to 721 V ⁹⁾
AC power frequency		50 Hz / 47 Hz to 53 Hz 60 Hz / 57 Hz to 63 Hz	
Min. short-circuit ratio at the AC terminals ¹⁰⁾		> 2	
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable ^{8) 11)}		● 1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited ○ 1 / 0.0 overexcited to 0.0 underexcited	

Datasheet Inverter, con potenza 2.500 kVA

TYPE	Medium-voltage transformer for inverter application	
DESIGN	Three-phase-oil-transformer hermetic sealed	
RATED POWER @ 50 °C	[kVA]	2000
RATED POWER @ 35 °C	[kVA]	2200
RATED CURRENT AT LOW-VOLTAGE LEVEL @ 50 °C (APPROX.)	[A]	3000
RATED VOLTAGE	[kV/kV]	30 / 0.385
FREQUENCY	[Hz]	50
VECTOR GROUP		Dy11
NO-LOAD LOSSES (AT RATED VOLTAGE)	[kW]	1.74
SHORT-CIRCUIT LOSSES (@ TEMP. 75 °C, @ RATED POWER)	[kW]	20.7
IMPEDANCE VOLTAGE AT RATED CURRENT (@ TEMP. 75 °C, @ RATED POWER)	[%]	5 to 8.5
MAX. VOLTAGE FOR EQUIPMENT Um	[kV]	36
TYPE OF COOLING		KNAN
MAX. ALTITUDE ABOVE SEA LEVEL	[m]	4000
AMBIENT TEMPERATURES (MIN. / MAX.)	[°C]	-25 / 50
@ 1000 m	[°C]	50
@ 2000 m	[°C]	45
@ 3000 m	[°C]	40
@ 4000 m	[°C]	35
MAX. OVER TEMPERATURE (HOT SPOT / WINDING / OIL)	[°K]	80 / 65 / 50
SHORT-CIRCUIT DURATION	[s]	2
MANUFACTURERS REGULATION		IEC 60076
INSULATION		Semi hybrid insulation
INSULATION LEVEL (HV / LV)		LI 170 AC 70 / LI - AC 10
HIGH-VOLTAGE BUSHING		Outside conical socket-contact 630 A, type C, without plug
LOW-VOLTAGE BUSHING		3.6 kV bushing for at least 3300 A
MAX. DIMENSIONS (LxWxH)	[mm]	1606 x 2200 x 2250
TOTAL WEIGHT (APPROX.)	[kg]	7000
OIL WEIGHT (APPROX.)	[kg]	1500
OIL TYPE		Oil based on ester
COATING according to ISO 12944-5		C5M-H
DEGREE OF PROTECTION according to IEC 60529		IP54
TRANSFORMER PROTECTION		- Resistance thermometer PT100 for analogue oil temperature measurement - Hermetic protection device for monitoring of oil pressure, gas and oil level - Overpressure valve

Datasheet Trasformatore BT/MT – 2.500 kVA

3.5 Cabina di smistamento

La Cabina MT di Smistamento sarà realizzata all'interno dell'area dell'impianto agrivoltaico. Sarà conforme alla norma CEI 0-16 ed avrà dimensioni approssimative esterne di 20x4x4,5m (LxWxH); si comporrà di tre locali, in particolare:

- vano quadri MT;
- vano per l'alloggiamento del trasformatore per i servizi ausiliari;
- vano per l'alloggiamento dei quadri BT e per il monitoraggio.

La cabina sarà prefabbricata, realizzata in cemento armato vibrato (c.a.v.) o shelter, completa di vasca di fondazione con funzione portacavi del medesimo materiale, posata su un magrone di sottofondazione in cemento.

4 OPERE CIVILI

La costruzione dell'Impianto agrivoltaico prevede più fasi che di seguito sono dettagliate.

4.1 Preparazione del sito

Sarà necessaria una pulizia propedeutica del terreno dalle graminacee e dalle piante selvatiche preesistenti o qualsiasi altro tipo di coltura arborea.

In generale gli interventi di spianamento e di livellamento, dovendo essere ridotti al minimo, saranno ottimizzati in fase esecutiva e quindi di Direzione Lavori.

4.2 Realizzazione di strade interne

*La viabilità interna all'impianto agrivoltaico, come indicato negli elaborati di progetto, sarà costituita da una strada perimetrale interna alla recinzione e da una strada che attraversa trasversalmente una delle aree a nord dell'impianto. Dal punto di vista strutturale, tale strada consisterà in una massiciata tipo "**MACADAM**". Si prevede quindi:*

- a) scoticamento superficiale per una profondità massima di 20 cm;*
- b) posa di strato di base costituito da materiale lapideo proveniente da cave di prestito o scavi di cantiere, per uno spessore di 20 cm – pezzatura 70-100 mm;*
- c) posa di uno strato superiore a formare il piano viabile, in misto di cava per uno spessore di 10 – pezzatura 0-20 mm.*

In base alla tipologia del terreno di sottofondo riscontrato, potrebbe essere necessario l'utilizzo di telo di geo-tessuto ad ulteriore rinforzo del sottofondo, così da evitare cedimenti al passaggio dei mezzi di servizio, e crescita di erbe infestanti durante la fase di esercizio dell'impianto.

Il materiale di cui al punto b), potrebbe essere rinvenuto direttamente in sito durante le fasi di scavo per la posa delle Cabine di Campo o di recupero attraverso l'attività di preparazione del sito. Tale materiale potrà quindi essere riutilizzato, previa caratterizzazione, per la costituzione delle fondazioni stradali. Ciò consentirà di ridurre notevolmente l'apporto di materiale da cave di prestito, riducendo così anche i costi dell'intero progetto.

Le strade perimetrali e quelle interne, seguiranno l'andamento orografico attuale, che di per sé risulta pressoché pianeggiante.

4.3 Realizzazione trincee e cavidotti

Gli scavi (trincee) a sezione ristretta necessari per la posa dei cavi avranno ampiezza variabile in relazione al numero di terne di cavi che dovranno essere posate, da un minimo di 40 cm per 1 terna di cavi, ad un massimo di 1,20 m per 4 terne di cavi (se fosse necessario). Ogni avr  una distanza da quella adiacente, pari a min. 0,25 m. Gli scavi avranno profondit  variabile in relazione alla tipologia di cavi che si andranno a posare. Per i cavi BT la profondit  di posa sar  di 0,60 – 0,70 m, per i cavi MT 1,3 m.

Il percorso dei cavidotti sar  tale da minimizzare i movimenti di materia. La posa dei cavi MT dalla CdS (che raccoglie l'energia prodotta dall'Impianto agrivoltaico) alla SE Terna, sar  ottimizzato in termini di impatto ambientale, intendendo con questo che i cavidotti saranno realizzati, per quanto pi  possibile, al lato di strade esistenti ovvero delle piste di nuova realizzazione all'interno dell'area di impianto.

4.4 Realizzazione recinzione perimetrale e cancelli

La recinzione dell'impianto sar  realizzata con pannelli di rete metallica a maglia sciolta 50 x 50 mm, di lunghezza pari a 2,5 m ed altezza di 2 m, per assicurare un'adeguata protezione dalla corrosione il materiale sar  zincato. I pannelli saranno fissati a paletti di acciaio o pali in legno. I paletti saranno infissi nel terreno e bloccati da piccoli plinti in cemento (dimensioni di riferimento 25x25x50 cm) completamente annegati nel terreno e coperti con terreno vegetale. Alcuni paletti saranno poi opportunamente controventati.

La rete sar  rialzata da terra in modo da lasciare uno spazio verticale di 20 cm circa tra terreno e recinzione, per permettere il movimento interno-esterno (rispetto l'area di impianto) della piccola fauna.

I cancelli saranno realizzati in acciaio zincato anch'essi grigliati e sostenuti da paletti in tubolare di acciaio.

4.5 Realizzazione sistema di illuminazione e videosorveglianza

L'Impianto agrivoltaico sar  dotato di un sistema di videosorveglianza e anti-intrusione e di un sistema di illuminazione.

Il sistema Anti-intrusione sar  costituito da:

- *termocamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 40 - 60 m circa (con un massimo di 200 m). Queste saranno installate su pali in acciaio*

zincato di altezza pari al massimo di m 5 ed ancorati su opportuno pozzetto di fondazione porta palo e cavi;

- *barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso.*

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina. Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati. Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna gsm.

Il sistema di Illuminazione

L'impianto di illuminazione sarà costituito a sua volta da 2 sistemi:

- *Illuminazione perimetrale*
- *Illuminazione esterno cabine*

Tali sistemi sono di seguito brevemente descritti.

Illuminazione perimetrale

- *Tipo lampada: Proiettori LED;*
- *Tipo armatura: proiettore direzionabile;*
- *Funzione: illuminazione anti-intrusione in caso di allarme;*
- *Distanza tra i pali: circa 40 - 60 m (in coppia alla termocamera).*

Illuminazione esterno cabine

- *Tipo lampade: Proiettori LED*
- *Tipo armatura: corpo al pressofuso, forma ogivale;*
- *Modalità di posa: sostegno su tubolare ricurvo aggraffato alla parete. Posizione agli angoli di cabina;*
- *Funzione: illuminazione piazzole per manovre e sosta.*

Il suo funzionamento sarà esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi un'intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le termocamere dell'impianto di videosorveglianza. Quindi sarà a funzionamento discontinuo ed eccezionale. Inoltre la direzione

di proiezione del raggio luminoso, sarà verso il basso, senza quindi oltrepassare la linea dell'orizzonte o proiettare la luce verso l'altro.

4.6 Regimentazione Idraulica

L'orografia delle aree su cui sorgerà l'impianto agrivoltaico e la natura dei terreni, sono tali da non necessitare di un sistema di regimentazione delle acque meteoriche. Le strutture portamoduli saranno tali da non ostacolare il libero deflusso delle acque. Anche le cabine elettriche non saranno di ostacolo al deflusso superficiale delle acque, essendo di poco rialzate rispetto al livello del terreno. Le strade saranno realizzate con materiale drenante che non impedirà quindi il normale ruscellamento superficiale. Tuttavia, se necessario, sarà realizzato, lungo le strade e sul perimetro delle cabine elettriche, un sistema di regimentazione costituita da fossi di guardia rivestiti con geotessuto.

5 OPERE ELETTRICHE

5.1 Collegamenti elettrici e cablaggi

All'interno dell'impianto agrivoltaico sono previste le seguenti connessioni:

1. connessioni in corrente continua:

- a. connessione fra i moduli fotovoltaici per la realizzazione delle stringhe;*
- b. connessioni fra le stringhe e gli inverter.*

I cavi utilizzati per l'interconnessione dei moduli fotovoltaici devono essere fascettati (per mezzo di fascette resistenti ai raggi UV, ossia con alto contenuto di grafite) alle strutture di sostegno degli stessi, mentre i cavi di prolungamento di ognuna delle stringhe confluiscono verso gli inverter con percorso prima libero (eventualmente su passerelle porta-cavi, posizionate sulle stesse strutture di sostegno) e poi in cavidotti di protezione in PVC del tipo corrugato interrato. Tali cavi sono del tipo Radox con sezione di 6 mm² in modo da diminuire al minimo le perdite.

2. connessioni in corrente alternata (bassa tensione)

- a. connessioni fra gli inverter ed i quadri di parallelo (QP) all'interno delle cabine di conversione;*

I cavi che realizzano il collegamento tra gli inverter ed i quadri di parallelo AC (QP) saranno in alluminio (dimensionati in modo da supportare le correnti previste (dipendenti dal tipo di modulo) nelle rispettive condizioni di posa e conformi alle norme CEI20-13, CEI20-22 II e CEI20-37 I. Marchiatura IMQ, colorazione delle anime secondo norme UNEL, grado d'isolamento di 24 kV); tali cavi saranno direttamente interrati e del tipo ARG7OR Quadripolari – 0,6/1 kV.

3. connessioni in corrente alternata (Media tensione):

*Tali tipi di cavi, del tipo **RG7H1RX 18/30 kV** (o similari in alluminio) sono quelli relativi:*

- a. ai 5 circuiti che collegano le 10 cabine di trasformazione MT/BT previste presso l'impianto agrivoltaico fino alla "cabine di raccolta" (MTR);*
- b. al circuito in MT a 30 kV che collega la "cabina di raccolta" e la "cabina di ricezione".*

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica, 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 punti luce: grigio.*
- *Conduttore di fase prese luce: marrone.*
- *Conduttore di fase prese F.M.: grigio/nero.*
- *Conduttore per circuiti in CC: chiaramente siglato con indicazione del positivo con il simbolo '+' e del negativo con il simbolo '-'.*

5.2 Elettrodotti MT

L'energia prodotta dall'impianto e dalle sue sezioni o sottocampi, sarà trasportata nelle cabine di raccolta prima detti (Shelter prefabbricati), a mezzo di elettrodotti in Media Tensione (MT a 30 kV).

La rete così costituita sarà composta quindi da:

- *collegamento MT a mezzo di elettrodotto interrato, tra le Cabine di Conversione/Trasformazione collegate tra loro in serie (anello, configurazione entra-esce) in 5 sottogruppi e la Cabina Utente o di Smistamento;*
- *collegamento MT a mezzo di elettrodotto interrato, tra la Cabina di Raccolta (MTR) e la Stazione Elettrica (SE).*

5.2.1 Cavi AT

*Saranno impiegati terne di cavi in alluminio disposti a trifoglio, tipo **RG7H1R 30 kV** (qualora disponibili sul mercato prima dell'esecuzione dell'impianto). Le sezioni dei cavi, derivanti dal predimensionamento e alla cui relazione specialistica si rimanda, varieranno a seconda della corrente in essi circolante.*

Il conduttore sarà in alluminio. La scelta di una tale tipologia di cavo, è stata dettata da:

- **facile reperibilità sul mercato;**
- **basso costo;**
- **sicurezza.** Infatti, l'esperienza ha evidenziato il rischio nell'utilizzo di cavi in rame a causa dei non rari furti in fase di esercizio, con conseguente danni per perdite di produzione, e danneggiamenti subiti dai cavi in fase di posa che hanno reso estremamente difficoltoso il normale svolgimento della costruzione degli elettrodotti.

In fase di installazione sarà prevista la posa all'interno del proprio scavo di strato di sabbia di spessore pari a 30 cm, tegolino di protezione (nel caso sia necessario) e nastro segnalatore.

In alternativa di potrà optare per l'utilizzo di cavi "Air-Bag", dotati cioè di fabbrica di protezione meccanica contro lo schiacciamento. Il cavo Air-Bag consente inoltre la posa diretta sul fondo scavo senza l'ausilio di strato di allettamento in sabbia.

5.2.2 Temperatura di posa

Durante le operazioni di installazione dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono essere piegati o raddrizzati, la temperatura non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

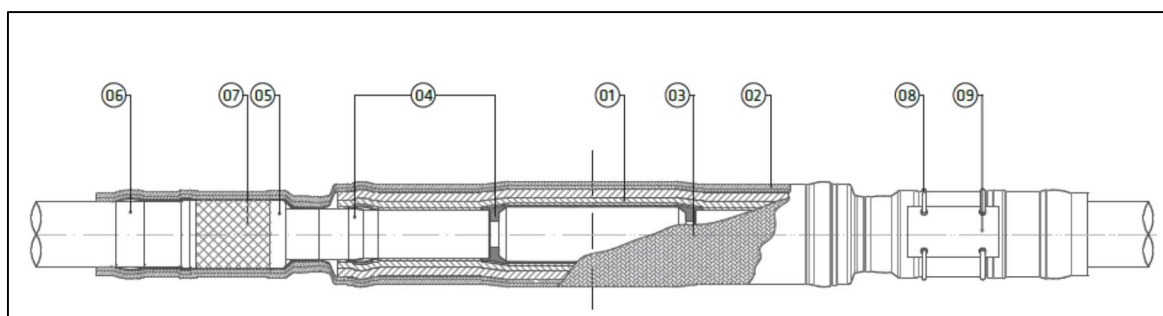
5.2.3 Prova di isolamento

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le norme CEI 11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

5.2.4 Giunzioni e terminazioni MT

In linea generale definiamo "giunzione" la giunzione tripolare delle tre fasi del conduttore più la messa a terra dello schermo. Quindi la giunzione sarà costituita da tre terminali unipolari (connettore di interconnessione) e tre corredi per terminazione unipolare. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione (giunto), adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Le giunzioni saranno effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti. Saranno realizzati con guaine auto-restringenti montate in fabbrica su tubo di supporto, che assicurano la ricostruzione dell'isolamento e della protezione meccanica, e il mantenimento delle caratteristiche elettriche del cavo.



Tipico di giunto cavo MT

Pos.	Descrizione	Pos.	Descrizione
1	Manica a tre strati	6	Nastro in mastice auto sigillante
2	Guaina a due strati	7	Nastro in rame in rilievo
3	Rete in rame	8	Striscia in pvc
4	Nastro ad alta permittività	9	Etichetta di identificazione
5	Nastro in pvc		

Si riporta una descrizione grafica della procedura di esecuzione del giunto:

1. Remove the outer sheath.



2. Cut the wires of the screen;



let them stick out of the outer sheath cutting.



3. Remove the semiconductor and the Insulation using appropriate tools.



4. Joint the conductors using crimping or shear bolt connectors.



5. Apply the high - permittivity tape.



6. Apply the sealing mastic.



7. Place the joint body onto the prepared cables and centre them.



8. Remove two spiral supports.



Eseguito il giunto sarà posto in opera un "ball-marker" passivo non deteriorabile interrato con codice di riconoscimento a cui si assoceranno le informazioni relative al giunto. Inoltre il giunto, prima del rinterro, sarà coperto con una protezione meccanica da realizzare con tegoli in pvc o in cav e un letto di sabbia in cui annegare il giunto di almeno 20 cm.

Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina si devono applicare terminali unipolari per interno con isolatore in materiale retraibile e capicorda di sezione idonea, come da specifiche dei quadri MT.

In corrispondenza della buca giunti, per le terne di cavi unipolari non avvolti ad elica visibile sarà eseguita la trasposizione delle fasi. Questa consente di minimizzare l'induzione magnetica già a breve distanza dall'asse della linea: infatti i campi di induzione prodotti dalle diverse fasi tendono a

cancellarsi ad una certa distanza, in modo più marcato di quanto non avvenga in un elettrodotto posato a trifoglio.

Infine la posizione dei giunti sarà individuata su cartografia in scala 1:5.000, sulla quale saranno riportate le coordinate WGS84 di ciascuno di essi.

5.3 Tubazioni

In casi particolari e secondo la necessità la protezione meccanica potrà essere realizzata mediante tubazioni di materiale plastico (PVC), flessibili, a doppia parete con parete interna liscia, rispondenti alle norme CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-4 e classificati come normali nei confronti della resistenza all'urto.

5.4 Impianti di sicurezza

Come detto, all'interno dell'impianto sarà un impianto di videosorveglianza ed antintrusione realizzato in modo tale da garantire la copertura totale dei confini delimitati dalla recinzione.

I dispositivi di videosorveglianza ed antintrusione saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (termocamere fisse, dome, telecamere con sensori di movimento, apparecchiatura di videoregistrazione, ecc.).

Gli impianti suddetti verranno alimentati dallo scomparto dedicato ai servizi ausiliari presente nella cabina di smistamento o da una cabina di conversione e trasformazione.

6 SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO

6.1 Misure di protezione generale

Tutte le parti attive del generatore fotovoltaico saranno isolate da terra, mentre le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra di protezione. A protezione dai contatti indiretti, in ottemperanza alla norma CEI 64-8/4, l'impianto disporrà di un dispositivo di controllo dell'isolamento che indicherà il verificarsi del primo guasto a terra, interrompendo il circuito e quindi il servizio.

Sarà realizzato un impianto di terra per la protezione dai contatti indiretti e le fulminazioni al quale saranno collegate tutte le strutture metalliche di sostegno e le armature dei prefabbricati oltre che tutte le masse dei componenti elettrici di classe I.

La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento delle parti attive o con l'utilizzo di involucri e barriere; in ogni caso il contatto verrà impedito in modo totale. L'impianto sarà realizzato con grado di protezione complessivo IP65 minimo.

La protezione contro i contatti indiretti nella sezione bassa tensione, in corrente alternata alla frequenza di rete, si attuerà mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione, soddisfacendo la prescrizione:

$$R_t \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

Ove:

R_t è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse

I_d è la corrente di 1° guasto

50 V è il valore di tensione verso massa.

L'impianto sarà costituito da una maglia realizzata con conduttori nudi di rame e da piattine di acciaio, a cui saranno collegati, mediante conduttori o sbarre di rame, i morsetti di terra dei vari apparecchi, i dispositivi di manovra ed i supporti dei terminali dei cavi. In prossimità di tali supporti sarà previsto un punto destinato alla messa a terra delle schermature dei cavi stessi.

6.2 Protezione contro corto circuiti sul lato c.c. dell'Impianto

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiori, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito del generatore quindi non supera il valore della somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nominale e questo conferisce una certa sicurezza intrinseca alle stringhe stesse.

6.3 Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione di oltre 500 V. c.c., valore certamente superato dalle stringhe, può avere conseguenze letali. Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico, lato corrente continua, è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza dell'inverter.

In tal modo affinché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

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

6.4 Protezione dalle fulminazioni

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceraunico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza.

Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo sottocampi sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita. In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.

6.5 Sicurezza sul lato c.a. dell'Impianto

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analoga limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter.

Eventi di corto circuito sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

L'interruttore AT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

6.6 Impianto di messa a terra

All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra costituita da dispersori in acciaio zincato del tipo per posa nel terreno e da una piattina in acciaio 30x3,5 mm (sez. 105 mm²) o una corda di rame nuda di sezione 16 mm², interrati ad una profondità di almeno 0,5 m.

A tale rete saranno collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione.

L'impianto di terra dovrà essere conforme alle prescrizioni della norma CEI 99-3 e dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete AT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra.

L'impianto di terra delle cabine di conversione e trasformazione e di smistamento sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 50 mm², interrati ad una profondità di almeno 0,7 m e picchetti in acciaio zincato di lunghezza 1,5 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione anche maggiore.
