



**Regione
Sicilia**



**Provincia
Siracusa**



**Comune
di Melilli**



**Comune di
Carlentini**



Committente:

RWE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968
PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

PARCO AGROFOTOVOLTAICO "DEMETRA-KORE"

- Comune di Melilli/Carlentini -

Documento:

PVDEKO

N° Documento:

E01.01-00

Elaborato:

RELAZIONE TECNICA ELETTRICA

FOGLIO:

1 di 24

SCALA:

Nome file: *PVDEKO-E01.01-00_Relazione Tecnica Elettrica*

Progettazione:

Horus Electrolite S.r.l.s Unipersonale
Centro direzionale Pastena
Via Rosa Jemma,2 84091 Battipaglia (SA)
P.IVA 05641980650

Progettista:



Sciacca & Partners S.r.l.
C.so Vittorio Emanuele III, 51
96015 Francofonte (SR)
CF e P.IVA: 01871700892
E-mail: noi@sciaccaepartners.it

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	13/01/2022	Emissione per autorizzazioni	S&P	Arch.Lamattina	Arch. Fasano



**SIA - Parco Agro-Fotovoltaico
"Demetra – Kore"**

Doc. n.: PVDEKO-E01.01-00

Rev.: 00

Date: 13/01/2023

Indice

Premessa	1
1. Norme e documentazione di riferimento	2
2. Condizioni ambientali di riferimento	5
3. Scelta dei moduli	5
4. Inverter	6
5. Cavi di stringa dc	8
6. Cavi di sottocampo ac	8
7. Rete interna MT	9
8. Cavidotto esterno di utenza MT	11
9. Cabine di trasformazione	11
10. Cabina di smistamento	14
11. Sistemi di misura, protezione e controllo	15
12. Protezione dai contatti diretti ed indiretti	20



**SIA - Parco Agro-Fotovoltaico
"Demetra – Kore"**

Doc. n.: PVDEKO-E01.01-00

Rev.: 00

Date: 13/01/2022

Premessa

Il parco agrofotovoltaico denominato "**Demetra-Kore**" è un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo fotovoltaico localizzato nei **Comuni di Melilli e Carlentini** in provincia di Siracusa. Esso è suddiviso in tre campi FAS001 (Latitudine 37.250686°, Longitudine 14.976825°), FAS002 (Latitudine 37.258989°, Longitudine, 15.056957°), FAS003 (Longitudine 37.231390° , Latitudine 15.108727°).

I campi sono collocati nei fogli **641 "Augusta"** e **640 "Lentini"** della *Cartografia IGM 1:50.000*, nei fogli **641140, 641090, 640120 e 640160** della *Cartografia Tecnica Regionale della Sicilia*.

Le opere sono inquadrare nel NCT ai fogli **20-21, 2** del Comune di Melilli (CT) e **37** del Comune di Carlentini (CT). Essi interessano terreni privati, strade pubbliche ed enti urbani.

I campi FAS01, FAS02 e FAS03 sono costituiti rispettivamente da **54.600, 18.564 e 34658** moduli da 560 Wp per una potenza complessiva di **30.576, 10.395,84 e 19.408,48** kWp.

La soluzione di connessione elaborata da **Terna Rete Italia S.p.A.** nel preventivo avente codice identificativo prevede il collegamento in antenna a **150 kV** alla sezione 150 kV di una nuova stazione di trasformazione della RTN 380/150 kV collegata in entra-esce alla linea 380 kV "Pantano D'Arce Priolo". Tale stazione denominata "Carlentini Sud" è localizzata nel comune di Carlentini.

La soluzione di connessione descritta è subordinata alla realizzazione della linea 380 kV "Paterno – Pantano D'Arce – Priolo".

In base all'Allegato "Avanzamento piani precedenti - Centro Sud" del Piano di Sviluppo del 2021 elaborato da Terna Rete Italia, a seguito dell'autorizzazione dal MISE con decreto del 12/04/2018 la realizzazione è stata avviata nel 2020 sarà conclusa entro il 2023.

L'elettrodotto a 150 kV di collegamento dell'impianto di produzione alla stazione di rete sarà impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella stazione RTN sarà impianto di rete per la connessione.

Al fine di razionalizzare lo sviluppo delle opere RTN è prescritta la condivisione dello stallo RTN con altri produttori.

Il vettoriamento dell'energia elettrica dai pannelli alla rete di distribuzione avverrà mediante:

1. cavi solari in corrente continua;
2. inverter di stringa;
3. cavi bt in corrente alternata;
4. cabine di trasformazione bt/MT;
5. rete interna in MT;
6. cabine di raccolta e smistamento in MT;
7. cavidotti esterni in MT;
8. stazione utenza MT/150 kV;
9. cavidotto di utenza 150 kV;
10. stazione di condivisione a 150 kV;



**SIA - Parco Agro-Fotovoltaico
"Demetra – Kore"**

Doc. n.: PVDEKO-E01.01-00

Rev.: 00

Date: 13/01/2022

11. cavidotto 150 kV condiviso;
12. stallo RTN a 150 kV;
13. stazione RTN 380/150 kV comprendente lo stallo RTN menzionato al punto precedente;
14. raccordi a 380 kV alla futura linea 380 kV "Paterno, Pantano D'Arci, Priolo";

Le opere dai punti **1 a 9** saranno di utenza e pertanto saranno possedute e gestite dalla società **RWE Renewable Italia S.r.l.** titolare dell'impianto, mentre le opere da **10 a 11** saranno realizzate da tutti i produttori che condividono il medesimo stallo RTN ed esercite da una società da essi delegata. Le opere da 12 a 14 saranno parte della RTN e pertanto realizzate da Terna Rete Italia S.p.A.

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle opere elencate dai punti **1 a 7**.

In base alle prescrizioni degli enti, in funzione dell'evoluzione tecnologica e ad eventuali parametri che saranno definitivi in fase di progettazione esecutiva, potranno essere scelti componenti aventi caratteristiche analoghe o migliori.

1. Norme e documentazione di riferimento

La presente specifica tecnica facente parte del progetto esecutivo è stata redatta in ottemperanza alle norme di riferimento vigenti di cui si dà un elenco orientativo e non esaustivo.

Leggi, Decreti e Regolamenti

- D.lgs. 387/03 - Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità;
- D.M. 10/09/2010 e ss.mm.ii. - Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili;
- D.lgs. n. 28/2011 e ss.mm.ii. - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;
- D.P.Reg. 18/07/2012 n.48 e ss.mm.ii.- Regolamento recante norme di attuazione dell'art. 105, comma 5, della legge regionale 12 maggio 2010, n. 11. (Linee guida regionali per autorizzazione FER);
- D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii. – Norme in materia ambientale;
- D.M. 161/12 e ss.mm.ii. – Terre e rocce da scavo;
- D.lgs. 42/04 e ss.mm.ii.- Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio;
- Regione Siciliana L.R. 16/1996 e ss.m.ii.- Riordino della legislazione in materia forestale e di tutela della vegetazione";
- R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775 e ss.mm.ii.- Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- R.D. 523/1904 e ss.mm.ii.- Testo Unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie;
- DPR 03/02/2016 n. 19 e ss.mm.ii.- Approvazione dei Piani Regionali dei materiali da cava e dei materiali lapidei di pregio;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e ss.mm.ii. Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;

- D.P.C.M 08/07/2003 e ss.mm.ii.- Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti;
- D.M. 29/05/2008 e ss.mm.ii.- Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica;
- D.lgs. 259/03 e ss.mm.ii. - Codice delle comunicazioni elettroniche;
- D.M. 24/11/1984 e ss.mm.ii.- Norme di sicurezza per i gasdotti;
- D.P.R. 01/08/2011 n. 151 e ss.mm.ii.- Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4 -quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122;
- D.A. 569/2012 e ss.mm.ii.- Assessorato Territorio ed Ambiente Regione Siciliana - Approvazione nuove direttive per il rilascio dell'Autorizzazione e del nulla osta al vincolo idrogeologico in armonia con il Piano Assetto Idrogeologico;
- D.P.R. n. 327/01 e ss.mm.ii. - Testo Unico sugli Espropri;
- Delibera ARG/elt 99/08 - Testo Integrato sulle Connessioni Attive;
- D.lgs. 81/08 e ss.mm.ii. – Testo unico sulla Salute e Sicurezza sul lavoro;
- Legge n. 186/68 e ss.mm.ii.- Costruzione degli impianti a regola d'arte;
- D.P.R. 177/11 e ss.mm.ii.– Decreto Spazi Confinati;
- D.lgs. 17/10 e ss.mm.ii. – Direttiva Macchine;
- D.M. 37/08 e ss.mm.ii. – Norme per la sicurezza degli impianti;
- D.M. 10 marzo 1998 - Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro;
- D.M 12/03/1998 - Elenco riepilogativo di norme armonizzate adottate ai sensi del comma 2 dell'art. 3 del DPR 24 luglio 1996, n. 459: "Regolamento per l'attuazione delle direttive del Consiglio 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine.

Normativa tecnica

- CEI 82-25 : Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica
- CENELEC HD 620 S1:1996: Distribution cables with extruded insulation for rated voltages from 3,6/6 (7,2) kV to 20,8/36 (42) kV;
- Norma CEI EN 60228: conduttori per cavi isolati;
- CEI 0-16 Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI EN 50181 "Isolatori passanti del tipo a innesto per apparecchi diversi da trasformatori a riempimento con liquido per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV e per correnti da 250 A fino a 2,50 kA";

- CEI 99-2 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. e 1,5 kV in c.c. Parte 1: Corrente alternata;
- CEI 99-3 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI 211-4 " Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche;
- CEI 106-11 - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo;
- E-Distribuzione S.p.A. - Linee Guida per l'applicazione del DM 29.05.08 - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche;
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2). Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata. Parte 1: Prescrizioni comuni;
- CEI EN 50522 (CEI 99-3): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.;
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- CEI 20-22 Prove d'incendio sui cavi elettrici;
- CEI 20-37 Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi;
- CEI 20-89 Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di MT;
- CEI 20-91 Cavi elettrici per impianti fotovoltaici;
- CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
- CEI EN 60794-1-1 Cavi in fibra ottica: Specifica generica – Generalità;
- CEI EN 60793-1-2 Fibre ottiche: Specifiche di prodotto – Generalità;
- CEI UNI 70029 Classificazione CEI: 11-46 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo Criteri generali e di sicurezza;
- CEI UNI 70030 Impianti tecnologici sotterranei: Criteri generali di posa;
- CEI EN 60721-2: Classificazione delle condizioni ambientali;
- Terna S.p.A.: Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete
- Alte norme CEI ed UNI di settore.

2. Condizioni ambientali di riferimento

Le condizioni ambientali di riferimento sono:

- altitudine: 150 - 260 m s.l.m. < 1000 m;
- livello di inquinamento: medio;
- zona di vento: 4;
- zona sismica: 1.

Tab.2.1 Dati meteo-climatici del Comune di Carlentini (fonte Climate-Data.ORG)

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	9.3	9.5	11.9	14.9	19.3	24.2	27.4	27.3	23	19.1	14.5	10.7
Temperatura minima (°C)	5.5	5.4	7.3	10.1	14	18.4	21.4	21.8	18.6	15.3	11.1	7.3
Temperatura massima (°C)	13.5	13.9	16.8	19.7	24.5	29.6	33	32.8	27.6	23.3	18.4	14.6
Precipitazioni (mm)	78	61	51	45	26	15	5	15	61	93	85	73
Umidità(%)	79%	76%	72%	68%	60%	52%	47%	51%	65%	75%	79%	79%
Giorni di pioggia (g.)	6	5	5	5	3	2	1	2	5	7	7	6
Ore di sole (ore)	6.6	7.3	8.7	10.0	11.8	12.7	12.8	11.9	9.7	7.8	6.6	6.4

3. Scelta dei moduli

Il modulo è di marca **JA Solar** modello **JAM72D30 -560/GB/1500V** in silicio monocristallino bifacciali, le cui specifiche tecniche sono riportate nella seguente tabella

Tab. 3.1: Specifiche tecniche dei moduli

Lunghezza [mm]	2285
Larghezza [mm]	1134
Altezza [mm]	35
Potenza di picco Pmpp [Wp]	560
Corrente di cortocircuito Isc [A]	14,14
Tensione a circuito aperto Voc [V]	50,15
Corrente massima In,mod [A]	13,25
Tensione massima Vn,mod [V]	42,27



**SIA - Parco Agro-Fotovoltaico
"Demetra – Kore"**

Doc. n.: PVDEKO-E01.01-00

Rev.: 00

Date: 13/01/2022

Efficienza η	$\geq 21,6\%$
Temperature coefficient K_{isc} [%/K]	+0,045
Temperature coefficient K_{voc} [%/K]	-0,275
Temperature coefficient K_p [%/K]	-0,35
NOCT [°C]	45±2
Bifaccialità	70%±

I moduli saranno agganciati su tracker monoassiali per i campi FAS001, FAS002 e su strutture fisse da 26 moduli con fondazioni su pali battuti o trivellati

I tracker saranno da 26 e 52 moduli, mentre le strutture fisse sono da 26 moduli.

Per i campi FAS001, FAS002 e FAS003 saranno presenti 54.600, 18.564 e 34658 moduli corrispondenti a 30.576 kWp, 10.395,84 kWp e 19.408,48 kWp per una potenza complessiva di 60.380,32 kWp.

4. Inverter

Gli inverter sono di marca **Huawei** modello **SUN2000-330KTL-H1**

Tab. 4.1: Specifiche tecniche dell'inverter

Lunghezza [mm]	1048
Altezza [mm]	735
Profondità [mm]	395
Rendimento massimo	99%
Rendimento europeo	98,8%
Tensione massima di ingresso $V_{dc,max}$ [V]	1.500 V
Corrente massima per MPPT $I_{n,mppt}$ [A]	65 A
Corrente cortocircuito massima per mppt $I_{sc,max}$ mppt	65 A
Tensione di innesco V_{min}	550 V
Range tensione mppt	500 V ÷ 1500 V
Tensione nominale [V]	1080 V
Numero di MPPT	6



**SIA - Parco Agro-Fotovoltaico
"Demetra – Kore"**

Doc. n.: PVDEKO-E01.01-00

Rev.: 00

Date: 13/01/2022

Numero massimo di ingressi per MPPT	4/5/5/4/5/5
Potenza attiva nominale ac	300.000 W
Potenza apparente massima	330.000 VA
Potenza massima attiva nominale (cosφ = 1)	330.000 W
Tensione di uscita nominale	800 V 3W + PE
Corrente di uscita nominale	216,6 A
Corrente di uscita massima	238,2 A
Range fattore di potenza	0,8 induttivo ÷ 0,8 capacitivo
THD	< 3%

L'accoppiamento inverter/sottocampo avviene in base alle seguenti condizioni:

- tensione minima e massima di stringa calcolate rispettivamente a -10°C e 70°C è all'interno del range di funzionamento dell'MPPT;
- la tensione a circuito aperto della stringa a -10°C inferiore alla tensione massima in ingresso dell'inverter;
- La somma delle correnti di stringa a 70 °C su ciascun MPPT è inferiore alla corrente massima di ingresso nello stesso;

Pertanto in base al punto b) saranno sfruttati al massimo 24 ingressi.

In base alle predette condizioni ed anche alle configurazioni delle strutture si opta per:

- numero di moduli per stringa: 26;
- potenza di stringa Pst: 14,56 kWp;
- numero di moduli per inverter: 598 sottocampo tipo 1, 624 sottocampo tipo 2, 572 sottocampo tipo 3;
- potenza di picco per inverter Psc: 334,88 kWp (sottocampo 1), 349,44 kWp (sottocampo 2), 320,32 kWp (sottocampo 3);
- numero complessivo di inverter (sottocampi) sottoimpianto FAS001 : 90
- numero complessivo di inverter (sottocampi) sottoimpianto FAS002: 30;
- numero complessivo di inverter (sottocampi) sottoimpianto FAS003: 60;

Le potenze nominali dei campi saranno rispettivamente 27.000 kWac (FAS001); 9000 kWac (FAS002); 18.000 kWac (FAS003), pertanto la potenza nominale dell'impianto sarà di 54.000 kWac.

Per un maggior dettaglio circa la distribuzione dei sottocampi si rimanda allo schema elettrico unifilare. Gli inverter aventi grado di protezione **IP65** saranno posti su telai prefabbricati posti sotto le strutture in posizione il più possibile baricentrica rispetto alle stringhe ad essi collegate.

Essi sono privi di trasformatore di isolamento e sono dotati di rilevatore della resistenza di isolamento, di scaricatori di sovratensione sul lato dc ed ac.

5. Cavi di stringa dc

I cavi di stringa di collegamento tra i moduli e tra moduli ed inverter operano in ambiente esterno a temperature comprese tra -40 °C e 90 °C, presentano buona flessibilità e sono resistenti ai raggi ultravioletti. Essi possono essere posati in aria libera ovvero in tubo interrato. La loro sezione è di 6 mm². Ai sensi della norma CEI 20-91 la loro designazione è **H1Z2Z2-K**.

Tab. 5.1 Specifiche tecniche cavi di stringa

Tensione	Sezione [mm ²]	Marcatura	Portata in tubo interrato cavi unipolari [A]	Diametro conduttore [mm]	Diametro esterno cavo [mm]	r20 [ohm/km]	r90 [ohm/km]
1,5 -1,5 kV	6	H1Z2Z2-K 1x4	52	2,9	6,4	3,39	4,21

Essi saranno posati in appositi alloggiamenti delle strutture portanti e nel caso di attraversamenti stradali all'interno di tubi corrugati in polietilene ad alta densità (PEAD) e similari. I tubi in PEAD saranno conformi alle Norme CEI 23 46 CEI EN 50086-2-4 tipo 450 o 750.

6. Cavi di sottocampo ac

I cavi di energia che trasportano l'energia da ogni inverter alla cabina di campo sono costituite da di tipo **ARG7H1R 1,8/3kV** con conduttore a corda flessibile rotonda, isolamento in base di gomma HEPR di qualità G7 senza piombo, schermo a fili di rame rosso con nastro di rame in contro-spirale, guaina costituita da mescola a base di PVC, qualità Rz. I cavi possono essere unipolari o multipolari a seconda della sezione.

In base alle condizioni di posa, ai criteri di massima caduta di tensione, massima perdita ammissibile e cortocircuito essi avranno sezione compresa tra 240 e 400 mm².

Tab. 6.1: Specifiche tecniche cavi di fase sottocampo ac

Tensione	Sezione [mm ²]	Marcatura	Portata in tubo interrato cavi unipolari [A]	Diametro conduttore [mm]	Diametro esterno cavo [mm]	r20 [ohm/km]	r90 [ohm/km]	x [ohm/km] cavi tripolari
----------	----------------------------	-----------	--	--------------------------	----------------------------	--------------	--------------	---------------------------

1,8 -3 kV	240	ARG7H1R 3x1x240	364	18,3	30	0,125	0,0985	0,086
1,8 -3 kV	300	ARG7H1R 3x1x300	411	21	32,5	0,1	0,0797	0,084
1,8 -3 kV	400	ARG7H1R 3x1x400	471	23,2	35,5	0,0778	0,0638	0,083

I cavi di protezione avranno sezione pari alla metà dei cavi di fase. Le loro specifiche sono riportate nella tabella seguente.

Tab. 6.2: Specifiche tecniche cavi di protezione sottocampo ac

Tensione	Sezione [mm ²]	Marcatura	Portata in tubo interrato cavi unipolari [A]	Diametro conduttore [mm]	Diametro esterno cavo [mm]	r20 [ohm/km]	r90 [ohm/km]	x [ohm/km] cavi tripolari
1,8 -3 kV	120	ARG7H1R 3x1x120	247	12,9	24,5	0,253	0,196	0,095
1,8 -3 kV	150	ARG7H1R 3x1x150	277	14,3	26	0,206	0,159	0,092
1,8 -3 kV	240	ARG7H1R 3x1x240	314	18,3	30	0,125	0,0985	0,086

7. Rete interna MT

Ogni campo è dotato di una rete interna di cavidotti MT che trasporta l'energia dalle cabine di trasformazione MT/bt alle cabine di raccolta – smistamento ad eccezione del campo FAS002 che è direttamente collegato alla stazione di trasformazione utente. Ciascuna rete sarà di tipo radiale esercita a 30 kV in neutro isolato. In tabella 7.1 sono evidenziate potenze, correnti di impiego.

Tab. 7.1: Reti interne cavidotti

Partenza	Arrivo	Potenza [kW]	I _b (A)
C1-A	C1-SM	5400,00	106,17

C1-B	C1-C	3300,00	64,88
C1-C	C1-D	6600,00	129,76
C1-D	C1-SM	9900,00	194,64
C1-E	C1-F	3300,00	64,88
C1-F	C1-G	6600,00	129,76
C1-G	C1-SM	11700,00	230,03
C2-A	C2-B	4500,00	88,47
C2-B	S	9000,00	176,95
C3-A	C3-B	3000,00	58,98
C3-B	C3-C	6000,00	117,97
C3-C	C3-SM	9000,00	176,95
C3-D	C3-E	3000,00	58,98
C3-E	C3-F	6000,00	117,97
C3-F	C3-SM	9000,00	176,95

I cavi saranno di tipo unipolare o tripolare **ARE4H1RX 18-30 kV** aventi conduttore in corda rotonda compatta di alluminio, isolante in mescola di polietilene reticolato, guaina in PVC di qualità Rz/ST2, schermatura a fili di rame rosso e controspirale. Nella seguente tabella sono specificate le principali caratteristiche elettriche. Essi avranno sezione compresa tra 150 e 400 mm² (tab. 7.2).

Tab. 7.2: Specifiche tecniche dei cavi MT interni

Tensione [kV]	Marcatura	Sezione [mm ²]	In [A]	r [ohm/km]	x [ohm/km]	Ic(U ₀) [A/km]	dc [mm]	de [mm]
30 kV	ARE4H1RX 3x1x150 30 kV	150	337	0,206	0,117	0,25	14,2	38,5
30 kV	ARE4H1RX 3x1x185 30 kV	185	378	0,164	0,112	0,28	15,9	40
30 kV	ARE4H1RX 3x1x240 30 kV	240	436	0,125	0,108	0,3	18,3	43,2
30 kV	ARE4H1RX 3x1x300 30 kV	300	493	0,100	0,105	0,33	20,7	45,8
30 kV	ARE4H1RX 3x1x400 30 kV	400	567	0,078	0,101	0,37	23,5	49

8. Cavidotto esterno di utenza MT

I cavidotti esterni di utenza convogliano l'energia prodotta dall'impianto dalle cabina di raccolta smistamento dei campi 1 e 3 alla sezione 30 kV della stazione di trasformazione utente. Essi saranno costituiti da una doppia terna di cavi unipolari **ARE4H1RX 18-30 kV** di sezione variabile da 400 a 630 mm².

<i>Tensione [kV]</i>	<i>Marcatura</i>	<i>Sezione [mm²]</i>	<i>In [A]</i>	<i>r [ohm/km]</i>	<i>x [ohm/km]</i>	<i>Ic(U_o) [A/km]</i>	<i>dc [mm]</i>	<i>de [mm]</i>
30 kV	ARE4H1RX 3x1x400 30 kV	400	567	0,078	0,101	0,37	23,5	49
30 kV	ARE4H1RX 3x1x500 30 kV	500	626	0,0605	0,098	0,4	26,5	52
30 kV	ARE4H1RX 3x1x630 30 kV	630	700	0,0469	0,095	0,44	30,1	56,2

9. Cabine di trasformazione

Le cabine di trasformazione raccolgono l'energia elettrica prodotta dai vari sottocampi (inverter) e ne innalzano la tensione da 800 V a 30 kV.

Esse saranno costituite da un container prefabbricato lungo 6,06 m, alto 2,89 m e largo 2,44 m all'interno del quale sono predisposti il quadro bt, gli scomparti MT con interposto un trasformatore a due avvolgimenti secondari di potenza pari 6.600 kVA o 3.300 kVA rispettivamente modelli JUPITER-6000-H1 e JUPITER-3000-H1 di Huawei. Nelle tabelle 9.1 e 9.2 si riportano le caratteristiche principali.

Tab. 9.1 Specifiche tecniche cabina JUPITER-6000-H1

Potenza nominale [kVA]	6.600 kVA@40°C/ 5.940 kVA @50 °C
Tensione primaria [kV]	30+-2x2,5%
Tensione secondaria [kV]	0,8/0,8
Gruppo	Dy11-y11
Raffreddamento	ONAN
Temperatura funzionamento [°C]	-25 ° ÷ 60 °
Numero ingressi bt	22
Corrente nominale interruttore principale bt [A]	2.900
Corrente nominale interruttori di linea bt [A]	400
Grado di protezione locale quadri MT e bt	IP54
Peso [t]	22
Lunghezza A [mm]	6.058

Larghezza B [mm]	2.438
Altezza C [mm]	2.896

Tab. 9.2 Specifiche tecniche cabina JUPITER-3000-H1

Potenza nominale [kVA]	3.300 kVA@40°C/ 2.970 kVA @50 °C
Tensione primaria [kV]	30+-2x2,5%
Tensione secondaria [kV]	0,8/0,8
Gruppo	Dy11
Raffreddamento	ONAN
Temperatura funzionamento [°C]	-25 ° ÷ 60 °
Numero ingressi bt	11
Corrente nominale interruttore principale bt [A]	2.900
Corrente nominale interruttori di linea bt [A]	400
Peso [t]	<15
Grado di protezione quadri	IP 54
Lunghezza A [mm]	6.058
Larghezza B [mm]	2.438
Altezza C [mm]	2.896

Ciascun campo è suddiviso in sottocampi a loro volta aggregati in lotti in base a vincoli di natura ambientale, paesaggistica ed infrastrutturale. A ciascun lotto corrisponde un cabina di trasformazione ubicate lungo la viabilità interna, la cui consistenza è evidenziata nelle tabelle 9.1, 9.2 e 9.3.

R

Tab. 9.1: Dimensionamento cabine per ciascun lotto campo FAS001

	Campo FAS001	Lotto 1A	Lotto 1B	Lotto 1C	Lotto 1D	Lotto 1E	Lotto 1F	Lotto 1G
Pimp [kWp]	30576	6188	3727,36	3727,36	3727,36	3727,36	3727,36	5751,2
Numero inverter	90	18	11	11	11	11	11	17
Modello cabina		JUPITER 6000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 6000K- H1
Numero sottocampi tipo 1 (334,88 kWp)	60	7	8	8	8	8	8	13

**SIA - Parco Agro-Fotovoltaico
"Demetra – Kore"**

Doc. n.: PVDEKO-E01.01-00

Rev.: 00

Date: 13/01/2022

Numero sottocampi tipo 2 (349,44 kWp)	30	11	3	3	3	3	3	4
Scab [kVA]		6600	3300	3300	3300	3300	3300	6600
Pimp [kW]	27000	5400	3300	3300	3300	3300	3300	5100

Tab. 9.2: Dimensionamento cabine per ciascun lotto campo FAS002

	Campo FAS002	Lotto 2A	Lotto 2B
Pimp [kWp]	10395,84	5197,92	5197,92
Numero inverter	30	15	15
Modello cabina		JUPITER 6000K-H1	JUPITER 6000K-H1
Numero sottocampi tipo 1 (334,88 kWp)	6	3	3
Numero sottocampi tipo 2 (349,44 kWp)	24	12	12
Scab [kVA]		6600	6600
Pimp [kW]	9000	4500	4500

Tab. 9.3: Dimensionamento cabine per ciascun lotto campo FAS003

	Campo FAS003	Lotto 3A	Lotto 3B	Lotto 3C	Lotto 3D	Lotto 3E	Lotto 3F
Pimp [kWp]	19408,48	3232,32	3232,32	3232,32	3232,32	3232,32	3232,32
Numero inverter	60	10	10	10	10	10	10

Modello cabina		JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1	JUPITER 3000K- H1
Numero sottocampi tipo 1 (334,88 kWp)	13	2	2	2	2	2	3
Numero sottocampi tipo 3 (320,32 kWp)	47	8	8	8	8	8	7
Scab [kVA]		3300	3300	3300	3300	3300	3300
Pimp [kW]	18.000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Ogni cabina di trasformazione è dotata anche di un trasformatore servizi ausiliari 800/400 V per l'alimentazione delle apparecchiature di monitoraggio, controllo e protezione eventuali prese di potenza, illuminazione quadri etc.. di potenza pari a 10 kVA.

10. Cabina di smistamento

Le cabina di smistamento/raccolta contiene le apparecchiature destinate alla separazione di ciascun campo dal resto dell'impianto e dalla rete. Esse raccolgono l'energia elettrica prodotta da ciascun campo per essere immessa sul relativo cavidotto esterno verso la stazione di trasformazione utente. Sono complessivamente 2, sono poste in prossimità degli accessi di ciascun campo. Considerata la vicinanza alla stazione di trasformazione e l'esistenza di una sola linea interna MT il campo FAS 002 non avrà cabina di smistamento. Dal punto di vista elettromeccanico sono costituite da:

- N° 3, 2 scomparti interruttori linea per i cavidotti della rete interna MT rispettivamente per campo FAS001, FAS003 e FAS002;
- N° 1 scomparto protezione trasformatori servizi ausiliari TSA.
- N° 1 scomparto misure
- N° 1 scomparto sezionatore linea per cavidotto esterno MT

Le caratteristiche principali degli scomparti sono analoghe a quelle già viste per la cabina di utenza e sono di seguito riportate:

Tab. 10.1: Specifiche tecniche degli scomparti MT

Tensione nominale [kV]	30
Tensione di isolamento [kV]	36

Tensione di isolamento a frequenza industriale fase-fase, fase terra [kV]	70
Tensione di isolamento ad impulso atmosferico fase-fase. fase terra [kV]	170
Corrente nominale [A]	1250
Corrente di cortocircuito entro 3 s [kA]	40
Corrente di cortocircuito di picco [kA]	100

Le apparecchiature saranno alloggiare all'interno di un edificio prefabbricato o container lungo circa 7,9 m, largo 3,9 m ed alto 3,3 m.

All'interno della cabina di smistamento sarà alloggiato un trasformatore isolato in resina per i servizi ausiliari avente le seguenti caratteristiche

Tab. 9.2: Specifiche tecniche trasformatore servizi ausiliari

Potenza nominale [kVA]	50
Tensione primaria [kV]	30+-2x2,5%
Tensione secondaria [kV]	0,4
Tensione di cortocircuito percentuale [%]	4
Gruppo	Dyn11
Perdite nel ferro [W]	300
Perdite nel rame @75 °C [W]	1300

11. Sistemi di misura, protezione e controllo

Le apparecchiature di comando e controllo saranno alloggiare all'interno di un edificio costruttivamente analogo a quello delle altre cabine.

Il monitoraggio ed il controllo dell'impianto vengono effettuati da remoto mediante tecnologia SCADA e saranno conformi all'allegato A68 del Codice di Rete "Centrali fotovoltaiche - Condizioni generali di connessione alle reti AAT e AT Sistemi di protezione regolazione e controllo".

Esso prevede l'implementazione sugli inverter delle seguenti protezioni di generatore:

- massima tensione generatore 59G;
- minima tensione 27G;
- massima frequenza 81>G;
- minima frequenza 81<G.

Gli inverter sono dotati delle seguenti protezioni sul lato ac:

- Sovracorrenti;
- Guasto a terra;
- Mancanza di tensione (isola di frequenza)

Sul lato dc sono equipaggiati con protezioni:

- Inversione della polarità;
- Rilevatore di guasto sulle stringhe;
- Rilevatore resistenza di isolamento;

Le ulteriori protezioni sugli scomparti TR delle cabine di trasformazione sono:

- ✓ massima corrente di fase istantanea e ritardata (50-51)
- ✓ massima corrente omopolare istantanea e ritardata (50N – 51N)

Sui trasformatori di ciascun cabina MT/bt sono altresì implementate:

- ✓ massima temperatura trasformatore (26)
- ✓ Bucholz (97)
- ✓ Livello olio (99)

Sul quadro bt delle cabine MT/bt gli interruttori magnetotermici proteggono dai sovraccarichi e dalle correnti di cortocircuito sulle linee bt

In corrispondenza delle cabine di smistamento saranno presenti le seguenti protezioni:

- ✓ massima corrente di fase istantanea e ritardata (50-51)
- ✓ massima corrente omopolare istantanea e ritardata (50N – 51N)
- ✓ direzionale di terra (67N)

Ai sensi dell'allegato A68 del Codice di Rete i **sistemi di regolazione e controllo** dell'impianto fotovoltaico devono avere le seguenti funzionalità:

- controllo della produzione;
- modalità di avviamento e riconnessione alla rete;
- regolazione della potenza reattiva;
- regolazione della potenza attiva;
- sistemi di teledistacco della produzione

Il *controllo della produzione* consiste in una limitazione o annullamento della produzione immessa in rete entro un massimo di 15 minuti dall'invio della comunicazione al fine di garantire la sicurezza della RTN.

La *modalità di avviamento e riconnessione alla rete* consiste nell'inserimento graduale della potenza con un gradiente positivo massimo non superiore al 20% al minuto della potenza nominale del campo fotovoltaico con frequenza di rete non superiore a 50,2 Hz

La *regolazione della potenza reattiva* consente la partecipazione al controllo della tensione del sistema elettrico in base ad un valore di tensione di riferimento che potrà essere applicato entro 15 minuti dalla richiesta pervenuta da Terna

Il *sistema di teledistacco* consentono la riduzione parziale compreso l'annullamento completo della produzione per mezzo di un telesegnale inviato da un centro remoto del Gestore. Tutti gli impianti devono essere dotati di UPDM (Unità

	SIA - Parco Agro-Fotovoltaico “Demetra – Kore”	Doc. n.: PVDEKO-E01.01-00
		Rev.: 00
		Date: 13/01/2022

periferiche di difesa e monitoraggio) atte ad eseguire le funzioni di distacco automatico, telescatto e monitoraggio segnali e misure ed in genere tutte le attività sugli impianti che permettono il controllo in emergenza del sistema elettrico. In particolare la riduzione della potenza immessa in rete deve essere attuata mediante distacco parziale degli inverter in misura compresa tra lo 0% ed il 100% della potenza nominale. L'ordine resterà in vigore fino alla revoca tramite segnale attraverso la stessa UPDM.

Fig. 11.1: Sistema di controllo impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico è monitorato e controllato tramite sistemi di controllo ed acquisizione dati (SCADA) posti nell'edificio della stazione di utenza:

- SCADA impianto fotovoltaico;
- SCADA stazione di utenza.

Lo SCADA della stazione di utenza monitora ed agisce su:

- a) lo stallo AT;
- b) il trasformatore AT/MT;
- c) i quadri MT;
- d) i sistemi di protezione sul lato AT ed MT;
- e) trasformatore servizi ausiliari;
- f) i sistemi ausiliari (UPS, contatori, quadri bt, raddrizzatori, etc..)

Esso inoltre acquisisce le misure di tensioni, correnti, potenze attive e reattive e frequenza sulle varie sezioni AT, MT e bt

Lo SCADA dell'impianto fotovoltaico opera su:

1. inseguitori (tracker);
2. inverters;
3. quadri bt;
4. servizi ausiliari;
5. contatori di energia prodotta/assorbita
6. misuratori di frequenza, tensione, etc...
7. sistemi di protezione;
8. trasformatori MT/bt;
9. scomparti MT;

Le apparecchiature menzionate dai punti 3 a 9 fanno parte delle cabine di trasformazione.

I predetti SCADA forniti dai costruttori dell'impianto devono svolgere le seguenti funzioni:

- monitoraggio in tempo reale dei parametri fondamentali dell'impianto;

- acquisizione dati e registrazione per tutta la vita utile dell'impianto (archivio storico dei dati) con particolare riferimento a tutti i dati, gli eventi e gli allarmi richiesti per la manutenzione, l'esercizio e l'analisi del rendimento dell'impianto
- controllo centralizzato, remoto, manuale ed automatico;
- sistema di generazione, processamento, notifica, archiviazione storica e gestione degli allarmi;
- resoconti automatici e manuali in accordo alle richieste dell'operatore su base settimanale, giornaliera, mensile ed annua);
- interrogazione e ricerca facilitate dei dati storici, allarmi ed eventi;
- grafici dei dati per analisi dell'andamento dei parametri di impianto;
- esportazione dei dati, degli allarmi e degli eventi in formato modificabile;
- accesso simultaneo a più operatori;
- interfaccia grafica facile da utilizzare e comprendere basata su internet;
- permettere l'integrazione ed il funzionamento di apparati del Committente e di altri operatori compreso il recupero dei dati laddove possibile;
- ridondanza di alcuni componenti fondamentali quali: server centrale, database, controllore di impianto, rete fibra ottica ad anello, sistemi di interfaccia con operatori terzi per ridurre la perdita di comunicazione e di dati;
- uso di protocolli di comunicazione ed automazione aperti;
- uso di diversi livelli di accesso (osservatore, operatore, ingegnere) al fine di prevenire modifiche indesiderate delle configurazioni di impianto;
- analisi lo stato di funzionamento dello stesso sistema SCADA e di altri operatori ad esso collegati dal punto di vista hardware e software.

Essi si interfacciano con lo SCADA centrale di RWE e con la sala di controllo principale di RWE e con eventuali altri operatori Terzi mediante rete privata virtuale (VPN) dotata di standard IPsec di tipo tunnel che consente la crittografia dei dati e dell'indirizzo IP (fig. 11.1).

L'accesso a questa rete avviene tramite dei firewall, di cui uno è predisposto da RWE all'interno di un armadio (rack) all'interno della stazione di utenza.

I parametri ambientali e di esercizio dell'impianto impartiti dalla sala controllo centralizzata RWE combinati con gli eventuali ordini di dispacciamento di Terna sono elaborati dallo SCADA dell'impianto fotovoltaico e trasmessi al controllore di potenza (PPC), ubicato nel locale controllo presente in ciascun campo FAS001, FAS002 e FAS003.

Questi poi li elabora e li trasmette per mezzo di una rete a fibre ottiche allo Smart Logger che li analizza e li smista agli inverter che eseguono i comandi. Ogni Smart Logger può controllare fino ad 80 inverter.

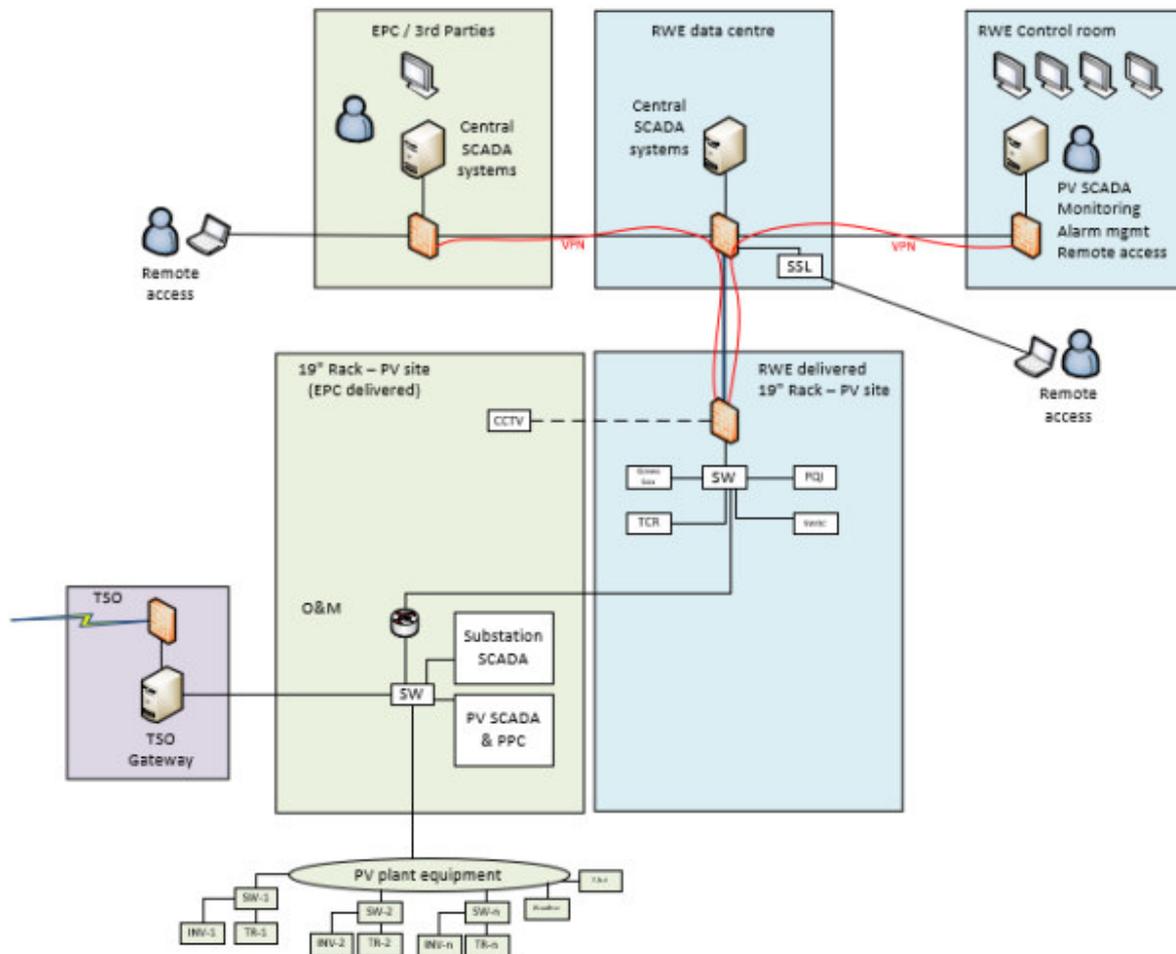


Fig. 11.1: Schema architettura comunicazione RWE

Con riferimento alla fig. 11-2 lo Smart logger fa parte di un controllore detto Smart Array Control Unit (SACU) che comprende anche i moduli PID (SmartPID2000) con l'obiettivo di ridurre e prevenire il più possibile la tensione negativa che si può innescare in particolare ad alta temperatura ed elevata umidità tra le celle del singolo modulo e la superficie frontale del modulo che viene messa a terra insieme al telaio ed alla struttura portante (effetto PID).

Il SACU contiene altresì le interfacce RS485 (ethernet) ed MBUS che consente la trasmissione dei segnali agli inverter sfruttando i cavi di energia bt di collegamento degli stessi alle cabine di trasformazione.

Il predetto sistema di controllo comunica con il sistema di supervisione e controllo d'impianto (SCADA) per mezzo di una rete a fibre ottiche

Per maggiori approfondimenti si rimanda all'elaborato grafico "Schema trasmissione dati".

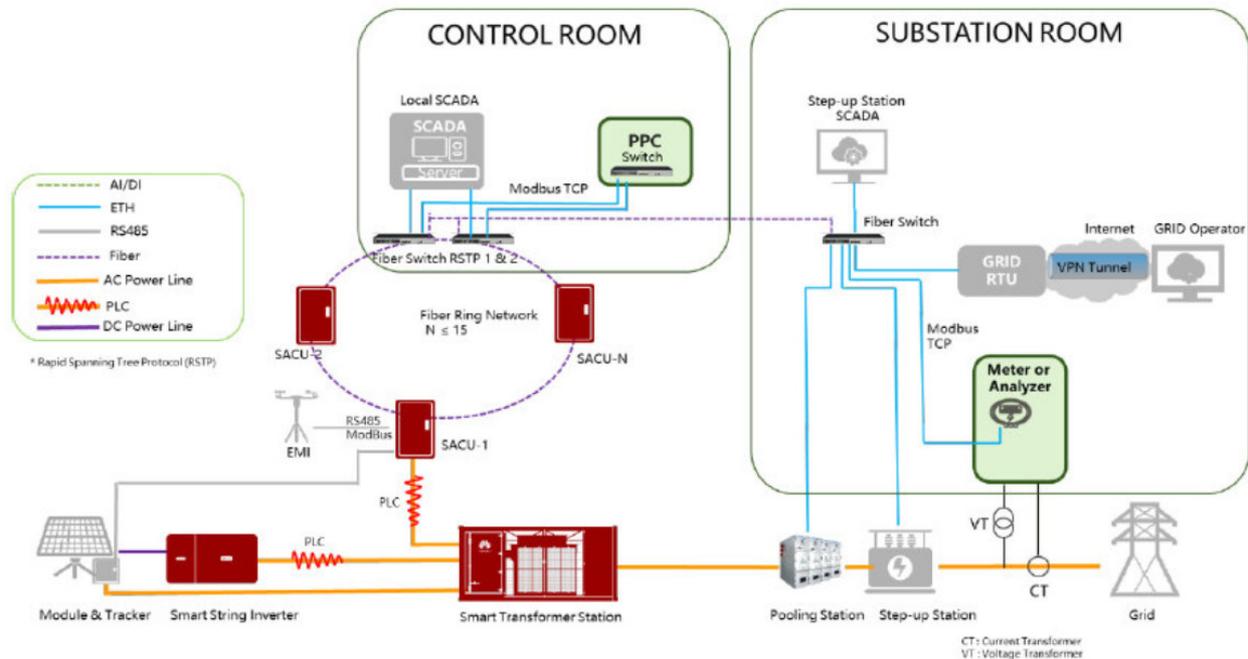


Fig. 11.2: Schema SCADA impianto fotovoltaico

12. Protezione dai contatti diretti ed indiretti

La protezione dai contatti diretti sarà implementata mediante protezione totale mediante isolamento delle parti attive e presenza di involucri e barriere opportunamente interbloccate.

La protezione dai contatti indiretti è effettuata mediante impianto di terra opportunamente coordinato con i sistemi di protezione.

Esso ha come obiettivi anche:

- proteggere persone ed impianti da tensioni elettriche di qualsiasi origine;
- impedire l'accumulo di elettricità statica e prevenire scariche elettrostatiche anche di origine atmosferica.

Esso deve essere unico in tutti i campi e dovrà collegare fra loro tutte le masse e le masse estranee in essi presenti.

Il coordinamento potrà essere effettuato tenuto conto che il sistema di distribuzione è del tipo IT (neutro isolato e masse a terra) sia sul lato dc che sul lato ac essendo l'inverter sprovvisto di trasformatore di isolamento ed il neutro dell'avvolgimento in cabina MT/bt isolato da terra. Pertanto si rende necessario un rilevatore di primo guasto a terra anche sul lato ac, mentre sul lato dc vi è quello intrinseco dell'inverter. Ciò garantisce la continuità di funzionamento in caso di primo guasto a terra. In presenza di doppio guasto a terra interviene l'interruttore magnetotermico a protezione della linea o dell'inverter.

La resistenza dell'impianto di terra deve essere coordinata con la corrente di primo guasto a terra secondo la seguente relazione

$$R_t I_a \leq U_L = 50 V$$

In cui I_a è la corrente di primo guasto a terra.

In presenza del secondo guasto in caso di neutro devono essere garantite le seguenti relazioni:

$$I_{2G} = \frac{U_0}{Z_s} \geq 2I_a$$

In cui U_0 è la tensione fase neutro, Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto e del conduttore di protezione del circuito e del conduttore di fase mentre I_a è la corrente di intervento dell'interruttore entro un tempo t fissato pari a 0,4s.

In caso di tempo di intervento più lungo dovranno essere impiegati conduttori equipotenziali supplementari e protezione mediante interruttore differenziale da 30 mA.

Il conduttore di protezione sul lato dc deve avere una sezione minima tale da:

- a) resistere alle sollecitazioni meccaniche;
- b) portare la corrente di guasto.

Considerando una corrente di guasto pari a 424 A la sezione del conduttore di protezione dovrà essere di 70 mm².

Le strutture, i telai dei moduli, i motori dei tracker dovranno essere collegati a terra mediante conduttori equipotenziali. Il punto di messa a terra dovrebbe essere a valle del dispositivo di sezionamento dc dell'inverter in corrispondenza dei morsetti dc.

Al fine di mantenere la tensione totale di terra al di sotto della tensione di contatto ammissibile potranno essere adottati i provvedimenti M.

In caso di durata del guasto inferiore a 5 s occorrerà attorno alle pareti delle cabine e del locale controllo:

- utilizzare materiali non conduttori per le pareti esterne;
- controllare il potenziale mediante dispersore di terra posto ad 1 m dalle pareti ed ad una profondità di 0,5 m;
- isolamento del posto di manovra mediante utilizzo di ghiaietto di spessore non inferiore a 100 mm ovvero di tappeto isolante di dimensione pari 1000 mm x 1000 mm x 2,5 mm.

Per le recinzioni perimetrali occorrerà:

- utilizzare reti di materiale non metallico o metalliche plastificate;
- i cancelli, le porte dovranno essere collegati all'impianto di terra mediante conduttori equipotenziali supplementari;

Per gli impianti all'interno delle cabine occorre:

- equipotenzializzazione mediante graticci in acciaio delle fondazioni collegati all'impianto di terra in almeno due punti diversi;



**SIA - Parco Agro-Fotovoltaico
"Demetra – Kore"**

Doc. n.: PVDEKO-E01.01-00

Rev.: 00

Date: 13/01/2022

- collegamento di tutte le masse metalliche all'interno al collettore principale di terra mediante conduttori equipotenziali di terra.

Le sezioni dei conduttori di protezione dovranno essere non inferiori alla metà di quelle dei conduttori di fase.

Il collettore principale di terra può essere un morsetto, una sbarra o una piastra ai quali si devono collegare:

- conduttori di terra;
- i conduttori di protezione;
- i conduttori equipotenziali principali.

Le giunzioni tra i vari elementi devono essere sufficientemente robuste per sopportare eventuali sforzi meccanici. Devono essere realizzati con saldatura autogena o con robusti morsetti e manicotti che non danneggino i conduttori di terra o gli elementi del dispersore.

Inoltre dovranno essere effettuati tutti gli accorgimenti necessari ad evitare la corrosione metallica dei componenti quali:

- utilizzo metalli omogenei
- utilizzo di vernici bituminose o nastri vulcanizzanti.