

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 49,75 MWp**

Località "Casalgismondo Sottano" - Comune di Aidone (EN)

PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (AIDONE PV) S.R.L.
Via Giorgio Castriota, 9 – 90139 Palermo
P. IVA e C.F. 06983550820– REA PA - 429397

PROGETTISTI:

ING. GIOVANNI ANTONIO SARACENO
Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Reggio Calabria
al n. 1629

ING. GIULIA GIOMBINI
Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo
al n. A-1009

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)

Relazione calcolo preliminare impianti

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
21-0003-IT- AIDONE_R07_Rev0_Relazione calcolo preliminare degli impianti	01/2022	Prima emissione	GS	GG	F.Battafarano

INDICE

1	DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO	2
1.1	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	2
2	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	6
3	CALCOLO DELLE CORRENTI NELLE CONDIZIONI DI MASSIMA PRODUZIONE	7
4	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO ELETTRICO	8
4.1	CAVI BT	8
4.2	CAVI MT	9
4.3	TRASFORMATORI E INVERTER	13
5	SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO.....	14
5.1	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	14
5.2	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	15
5.2.1	Sezione di impianto in bassa tensione	15
5.2.2	Sezione di impianto in media tensione	16

1 DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO

Il progetto comprende un impianto agrivoltaico denominato “AIDONE” che sarà ubicato in un’area che sorge a circa 10 km a sud-est dalla città di Aidone, nell’omonimo comune, non lontana dalla località “Casagilsmondo Sottano”.

L’impianto verrà allacciato alla rete di trasmissione attraverso la realizzazione di un cavidotto interrato a 150kV uscente dalla stazione di utenza (posizionata in prossimità del parco fotovoltaico) fino al collegamento con la nuova stazione della RTN, denominata “Raddusa 380”, da inserire in entra-esce sul nuovo elettrodotto a 380 kV “Chiamonte G. – Ciminna”.

L’estensione complessiva dei due impianti sarà di circa **75,7** ha (area utile) per una potenza complessiva di circa **49,75 MW**.

L’impianto denominato “AIDONE” è del tipo orientabile, a terra e non integrato, connesso alla rete (grid-connected) in modalità trifase in media tensione (MT).

Si tratta di impianti a movimento monoassiale (trackers) con moduli fotovoltaici in silicio monocristallino esposti perfettamente a Sud (Azimut 0°) e tilt di 30° sull’orizzontale, montati su apposite strutture metalliche.

Nel presente documento vengono descritte le attività ed i processi che saranno posti in essere sul sito, le caratteristiche prestazionali dell’impianto nel suo complesso e nelle sue componenti elementari, la sua producibilità annua e le modalità impiantistiche con cui si intende effettuare il collegamento con la RTN.

1.1 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti agrivoltaici sono:

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 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 agrivoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;

CEI EN 60904-2: Dispositivi agrivoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;

CEI EN 60904-3: Dispositivi agrivoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari agrivoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;

CEI EN 61727: Sistemi agrivoltaici (FV) - Caratteristiche dell’interfaccia di raccordo con la rete;

CEI EN 61215: Moduli agrivoltaici 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 11');
- CEI EN 60099-1-2:** Scaricatori
- 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
- CEI 81-10/1/2/3/4:** Protezione contro i fulmini;
- 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;
- CEI EN 60904-6:** Dispositivi fotovoltaici- Requisiti dei moduli solari di riferimento
- CEI EN 61725:** Espressione analitica dell'andamento giornaliero dell'irraggiamento solare
- CEI EN 61829:** Schiere di moduli FV in silicio cristallino-Misura sul campo della caratteristica I-V
- CEI EN 50081-1-2:** Compatibilità elettromagnetica. Norma generica sull'emissione.
- CEI 23-25:** Tubi per installazioni elettriche.
- CEI 17-5:** Norme per interruttori automatici per c.a. a tensione nominale 1000V.
- CEI EN 6100-6-3:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 6: Norme generiche.
- Sezione 3. Emissioni per gli ambienti residenziali, commerciale e dell'industria leggera
- CEI EN 6100-3-2:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (corrente di ingresso ≤ 16 A per fase)
- CEI EN 6100-3-3:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3: tecniche di prova e di misura. Sezione 3. Limitazione delle fluttuazioni di tensione e dei flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione. (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase)
- CEI EN 6100-3-11:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3: tecniche di prova e di misura.
- Sezione 3. Limitazione delle fluttuazioni di tensione e dei flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione. (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 75 A per fase)
- CEI EN 6100-3-4:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3-4. Limiti per le emissioni di corrente armonica prodotte da apparecchi connesse alla rete pubblica di bassa tensione con corrente di ingresso >16 A
- CEI EN 6100-3-12:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 3-12 Limiti per le emissioni di corrente armonica prodotte da apparecchi connessi alla rete pubblica di bassa tensione con corrente di ingresso >16 A e ≤ 75 A per fase
- CEI EN 5502 + A1(2001) + A2(2003) (CISPR22)** : Emissione di disturbi irradiati e condotti. Campo di applicazione 0.15 MHz-30 MHz
- CEI EN 6100-2-2:** Compatibilità elettromagnetica. Parte 2-2: Ambiente: Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione di segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione
- CEI EN 55011:** Apparecchi a radiofrequenza industriali, scientifici e medicali.
- Caratteristiche di radio disturbo. Limiti e metodi di misura.
- CEI EN 55014-1:** Compatibilità elettromagnetica – Prescrizioni per gli elettrodomestici, gli utensili elettrici e gli apparecchi similari.
- UNI 10349:** Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.;

CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi agrivoltaici. 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.

DM del 19.02.2007: Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico (Decreto Bersani "Conto Energia")

DM 22/1/08 n. 37: Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 della Legge 2/12/05 (Riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti ex legge n° 46 del 5/3/1990 e relativo regolamento di attuazione.

Legge n° 186 del 1/3/1968: Impianti elettrici.

DL 9/4/2008 n. 81 : Tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.

DM 30852 1994: Normative antisismiche per le strutture di sostegno

DM MLP 12/2/82: Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e norme tecniche per i carichi ed i sovraccarichi per le strutture di sostegno

CNR-UNI 10011: Costruzioni in acciaio Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione delle strutture di sostegno

CNR-UNI 10012: Istruzioni per la valutazione delle "Azioni sulle costruzioni"

CNR-UNI 10022: Profili in acciaio formati a freddo per l'impiego nelle costruzioni

DPR 462/01: Verifica periodica impianti di terra.

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

DM 37/2008: Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005.

Allegato A alla Delibera ARG/elt 99/08 : Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti con obbligo di connessioni di terzi degli impianti di produzione (testo integrato delle connessioni attive – TICA)

CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica

CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica e collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione

Norme UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli agrivoltaici;

Delibera AEEG n. 188/05: Definizione del soggetto attuatore e delle modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti degli impianti agrivoltaici, in attuazione dell'articolo 9 del decreto del Ministro delle attività produttive, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio;

Allegato A alla Delibera AEEG n. 281/05: 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;

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 di impianti di produzione di energia elettrica alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi a tensione nominale minore o uguale ad 1 kV;

Linee Guida e-Distribuzione;

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

2 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

L'impianto agrivoltaico verrà realizzato per lotti e prevede i seguenti elementi:

- n°1548 strutture ad inseguimento monoassiale (trackers) per il supporto dei moduli ciascuna alloggiante n°28x2 moduli fotovoltaici disposti in verticale su due file;
- n°164 strutture ad inseguimento monoassiale (trackers) per il supporto dei moduli ciascuna alloggiante n°14x2 moduli fotovoltaici disposti in verticale su due file;
- n°91.280 moduli in silicio monocristallino modello LR5-72HBD-545M, da 545 Wp della LONGI SOLAR, per una potenza complessiva di 49.747,6 kWp;
- n. 24 cabine di trasformazione da ubicare all'interno della proprietà secondo le posizioni indicate nell'elaborato planimetria impianto oltre a n°1 cabina di impianto installata all'interno della stazione di utenza nel fabbricato quadri MT;
- n°222 inverter SUN2000-215KTL-H0 Huawei Technologies
- n°7 trasformatori da 1600 kVA
- n°17 trasformatori da 2000 kVA

I trasformatori saranno allocati uno in ognuna delle 24 cabine di impianto;

- n°1 cabina di impianto da ubicare all'interno del fabbricato quadri MT della stazione di utenza in posizione perimetrale alle aree di impianto, da cui partirà la linea di connessione alla rete di distribuzione pubblica dopo essere stata elevata da 30kV a 150 kV mediante trasformatore dedicato di stazione
- viabilità interna al parco per le operazioni di costruzione e manutenzione dell'impianto e per il passaggio dei cavidotti interrati in MT;
- aree di stoccaggio materiali posizionate in diversi punti del parco, le cui caratteristiche (dimensioni, localizzazione, accessi, etc) verranno decise in fase di progettazione esecutiva;
- cavidotto interrato in AT (150kV) di collegamento tra la stazione di utenza e la nuova SE "Raddusa 380" di Terna;
- rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell'impianto mediante trasmissione dati via modem o tramite comune linea telefonica.

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con un modulo agrivoltaico bifacciale composto da 144 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 545 Wp.

L'impianto sarà costituito da un totale di 91.280 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 49.747,6 kWp.

3 CALCOLO DELLE CORRENTI NELLE CONDIZIONI DI MASSIMA PRODUZIONE

Dal calcolo di producibilità riportato nella relazione tecnica descrittiva si evince che la massima potenza è pari a 49.747,6 kWp.

L'impianto è suddiviso in 24 sottocampi, collegati tra loro in maniera tale da ripartire la potenza complessiva del parco fotovoltaico in tre parti e convogliare l'energia prodotta alla cabina d'impianto della stazione di utenza alla rete MT a 30 kV.

Le potenze delle tre sezioni sono così suddivise:

SEZ. 1: 17.396,4 kW, 31920 moduli da 545 Wp raggruppati in stringhe da 28 moduli cadauna

SEZ. 2: 18.617,2 kW, 34160 moduli da 545 Wp raggruppati in stringhe da 28 moduli cadauna

SEZ. 3: 13.734 kW, 25200 moduli da 545 Wp raggruppati in stringhe da 28 moduli cadauna

Da ciascuna delle tre sezioni parte poi una linea a 30kV fino alla cabina d'impianto installata nella stazione di utenza.

Le cabine di campo saranno di due tipi con un massimo di 10 inverter stringa da 215kVA in parallelo lato AC e trasformatore da 2000 kVA, oppure con un minimo di 8 inverter stringa da 215kVA in parallelo lato AC e trasformatore da 1600 kVA, nelle configurazioni intermedie si rimanda allo schema unifilare allegato per i dettagli.

In queste condizioni di funzionamento, le correnti di impiego nelle varie sezioni di impianto sono le seguenti:

ingresso inverter (lato C.C.): 13.04 A circa per ciascuna stringa

inverter di stringa lato A.C. 800 V: 144.4 A per gli inverter da 215 kVA

Trasformatore MT/BT da 2000 kVA: lato BT (800 V): 1445 A

lato MT (30 kV): 38,5 A

Trasformatore MT/BT da 1600 kVA: lato BT (800 V): 1156 A

lato MT (30 kV): 30,8 A

4 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO ELETTRICO

4.1 CAVI BT

Il dimensionamento dei cavi e la scelta dei relativi dispositivi di protezione sono state effettuate sulla base delle prescrizioni della Norma CEI 64-8, in modo da assicurare la protezione delle condutture contro le sovracorrenti. In particolare sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_{cc}^2 t \leq K^2 S^2, \text{ dove:}$$

I_b = corrente di impiego del cavo

I_n = corrente nominale dell'interruttore

I_z = portata del cavo

I_{cc} = corrente di cortocircuito

t = tempo di intervento dell'interruttore

K = coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del cavo

S = sezione del cavo.

La tipologia e sezione dei cavi è la seguente:

Cavo di collegamento dei moduli di stringa:

$$S=6 \text{ mm}^2 \quad I_z (T_a=60 \text{ C}^\circ) = 70 \text{ A (TECSUN (PV) PV1-F 0,6/1 kV AC (1,5 kV DC))}$$

Cavi di collegamento dagli inverter ai quadri di parallelo:

$$S=95 \text{ mm}^2 \quad I_z (\text{posa interrata}, T_a=20 \text{ C}^\circ, \lambda=1 \text{ }^\circ\text{Cm/W}) = 331 \text{ A (FG16R16), conduttore in rame}$$

Le caratteristiche dei cavi suddetti sono riportati nella seguente tabella.

FG16R16

sezione nominale	diametro indicativo conduttore	spessore medio isolante	diametro esterno massimo	peso indicativo del cavo	resistenza massima a 20 °C in c. c.	30 °C in aria	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 20 °C			raggio minimo di curvatura	
conductor cross-section	approximate conductor diameter	average insulation thickness	maximum outer diameter	approx. weight	maximum DC resistance at 20 °C	in open air at 30 °C	30 °C in tubo in aria	20 °C interrato in tubo	20 °C interrato	minimum bending radius	
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ω/km)		ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	(mm)

1 conduttore / Single core - tab. CEI-UNEL 35318

1,5	1,5	0,7	8,2	79	13,3	24	20	22	21	35	32	74
2,5	2	0,7	8,7	94	7,98	33	28	29	27	45	39	78
4,0	2,5	0,7	9,3	112	4,95	45	37	37	35	58	51	84
6,0	3	0,7	9,9	139	3,30	58	48	47	44	73	64	89
10,0	3,9	0,7	10,9	188	1,91	80	66	63	59	97	85	98
16,0	5	0,7	11,4	227	1,21	107	88	82	77	125	110	103
25,0	6,4	0,9	13,2	331	0,780	135	117	108	100	160	141	119
35,0	7,7	0,9	14,6	425	0,554	169	144	132	121	191	169	131
50,0	9,2	1,0	16,4	579	0,386	207	175	166	150	226	199	148
70,0	11,0	1,1	17,3	784	0,272	268	222	204	184	277	244	156
95,0	12,5	1,1	24,4	989	0,206	328	269	242	217	331	292	220
120,0	14,2	1,2	22,4	1250	0,161	383	312	274	251	377	332	202
150,0	15,8	1,4	24,8	1540	0,129	444	355	324	287	420	370	223
185,0	17,5	1,6	27,2	1890	0,106	510	417	364	323	476	419	245
240,0	20,1	1,7	30,4	2410	0,0801	607	490	427	379	550	484	274
300,0	22,5	1,8	33,0	3030	0,0641	703	-	484	429	620	546	297

Tabella 4-1: caratteristiche dei cavi BT

4.2 CAVI MT

Il dimensionamento dei cavi di media tensione, per il collegamento fra le varie cabine di trasformazione in configurazione entra-esci a comporre le tre sezioni d'impianto citate in precedenza è stato effettuato tenendo conto della corrente di impiego e della portata del cavo, quest'ultima dipendente, oltre che dalla tipologia di cavi, anche dalle modalità di posa degli stessi. Si riassumono nella seguente tabella i risultati del calcolo.

Il tipo di cavo utilizzato è il cavo denominato ARE4H1RX 18/30kV elicordato fino alla sezione di 240mmq e per sezioni maggiori cavi unipolari del tipo ARG7H1R 18/30kV.

SEZ.1

Cavo						n° cavi		L [m]	I _z [A]	ΔV%	Verifica
Da	a	D [m]	I _b [A]	S [mm ²]	vie parall.	per scavo					
C2	C3	330	39.00	3 x 1 x 95	1	2	330	160.0	0.02%	Port. OK	
C3	C4	180	78.00	3 x 1 x 95	1	2	180	160.0	0.03%	Port. OK	
C4	C5	380	117.00	3 x 1 x 240	1	2	380	263.9	0.03%	Port. OK	
C5	C6	420	156.00	3 x 1 x 240	1	2	420	263.9	0.05%	Port. OK	
C6	C7	270	195.00	1 x 400	1	2	270	345.5	0.02%	Port. OK	
C7	C8	770	234.00	1 x 400	1	2	770	345.5	0.08%	Port. OK	
C8	C9	290	273.00	1 x 400	1	2	290	345.5	0.04%	Port. OK	
C9	C10	298	312.00	1 x 630	1	2	298	443.1	0.03%	Port. OK	
C10	SU	1,442	312.00	1 x 630	1	4	1,442	381.3	0.12%	Port. OK	

SEZ.2

Cavo							n° cavi				
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C11	C12	40	39.00	3 x 1 x 95	1	2	40	160.0	0.00%	Port. OK	
C12	C13	680	78.00	3 x 1 x 95	1	2	680	160.0	0.10%	Port. OK	
C13	C14	175	117.00	3 x 1 x 95	1	2	175	160.0	0.04%	Port. OK	
C14	C15	280	156.00	3 x 1 x 240	1	2	280	263.9	0.03%	Port. OK	
C15	C16	220	195.00	3 x 1 x 240	1	2	220	263.9	0.03%	Port. OK	
C16	C17	291	234.00	1 x 400	1	2	291	345.5	0.03%	Port. OK	
C17	C18	575	273.00	1 x 400	1	2	575	345.5	0.07%	Port. OK	
C18	C19	330	312.00	1 x 400	1	2	330	345.5	0.05%	Port. OK	
C19	SU	1,590	351.00	1 x 630	1	4	1,590	381.3	0.15%	Port. OK	

SEZ.3

Cavo							n° cavi				
Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	vie parall.	per scavo	L [m]	Iz [A]	ΔV%	Verifica	
C20	C21	60	39.00	3 x 1 x 95	1	2	60	160.0	0.00%	Port. OK	
C21	C22	75	78.00	3 x 1 x 95	1	2	75	160.0	0.01%	Port. OK	
C22	C23	83	117.00	3 x 1 x 95	1	2	83	160.0	0.02%	Port. OK	
C23	C24	280	156.00	3 x 1 x 240	1	2	280	263.9	0.03%	Port. OK	
C24	C1	1,310	195.00	3 x 1 x 240	1	2	1,310	263.9	0.18%	Port. OK	
C1	SU	80	234.00	1 x 400	1	4	80	297.3	0.01%	Port. OK	

Le caratteristiche dei cavi suddetti sono riportati nella seguente tabella.

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5EX

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation trefoil	
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm ²)	(A)	(A)	(A)
								p=1 °C m/W	p=2 °C m/W
								p=1 °C m/W	p=2 °C m/W

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	1730	550
70	9,7	20,8	29	1940	570
95	11,4	22,1	30	2230	590
120	12,9	23,2	32	2510	630
150	14,0	24,3	33	2800	660
185	15,8	26,1	35	3260	700
240	18,2	28,5	37	3930	740
300	20,8	31,7	42	4730	820

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	186	175	134
70	230	214	164
95	280	256	197
120	323	291	223
150	365	325	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371

Tabella 4-2: caratteristiche dei cavi MT

Le linee saranno posate all'interno di uno scavo, di dimensioni opportune, come mostrato nelle seguenti figure. La profondità minima di posa deve essere tale da garantire almeno 1 m, misurato dall'estradosso superiore del tubo.

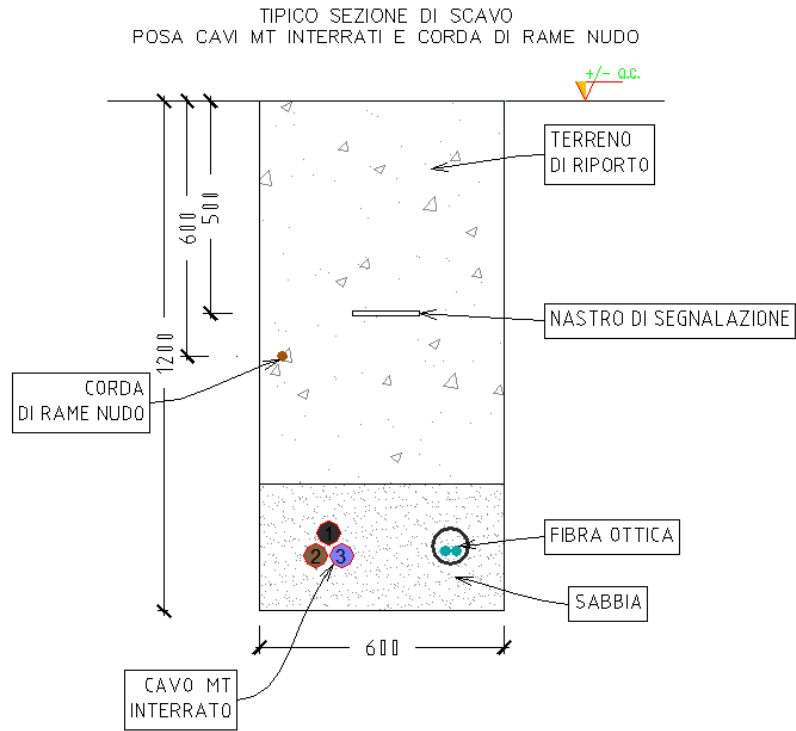


Figura 4-1: Sezione tipo posa cavo MT con n° 1 linea

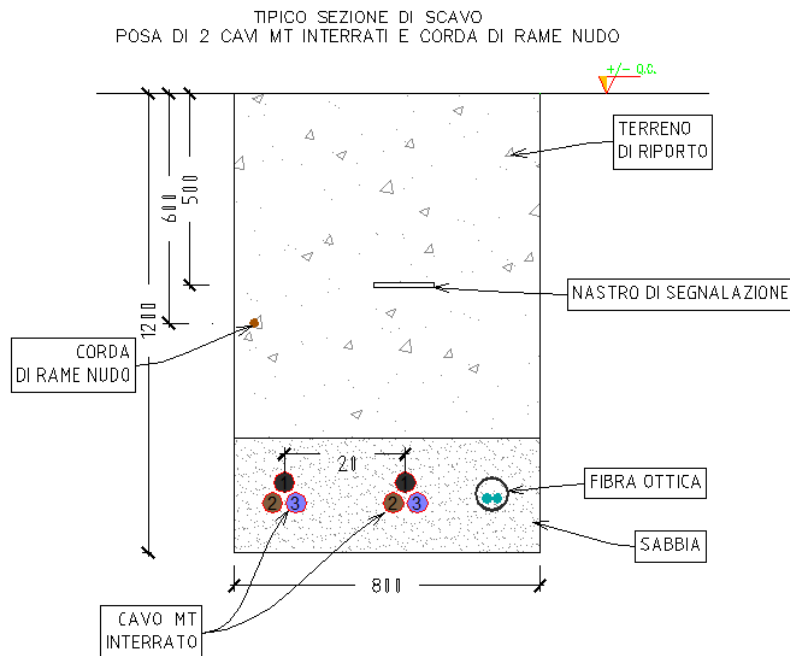


Figura 4-2: Sezione tipo posa cavo MT con n° 2 linee

TIPICO SEZIONE DI SCAVO
 POSA DI 3 CAVI MT INTERRATI E CORDA DI RAME NUDO

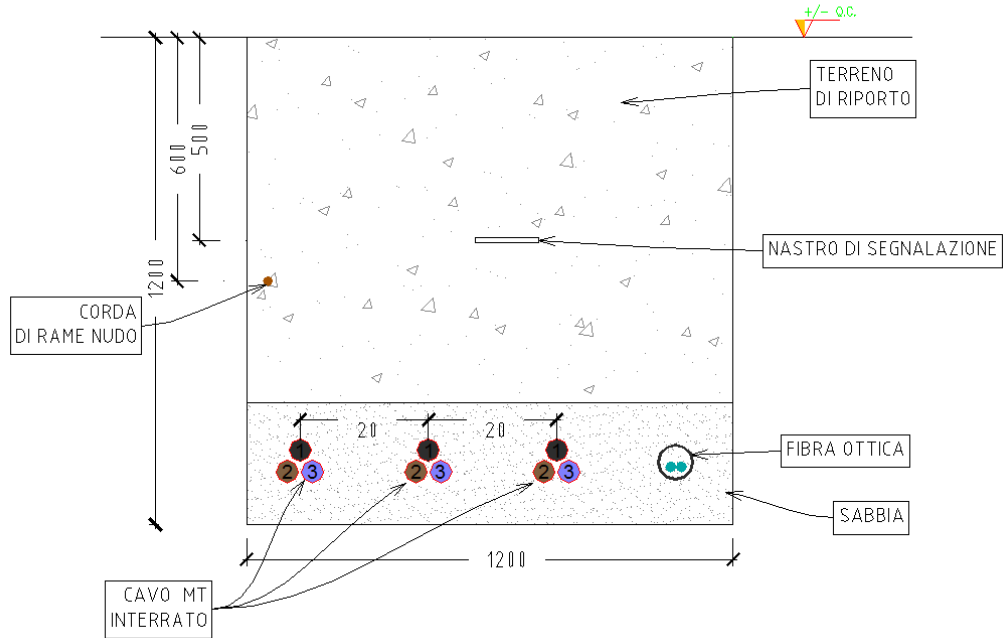


Figura 4-3: Sezione tipo posa cavo MT con n° 3 linee

TIPICO SEZIONE DI SCAVO
 POSA DI 4 CAVI MT INTERRATI E CORDA DI RAME NUDO

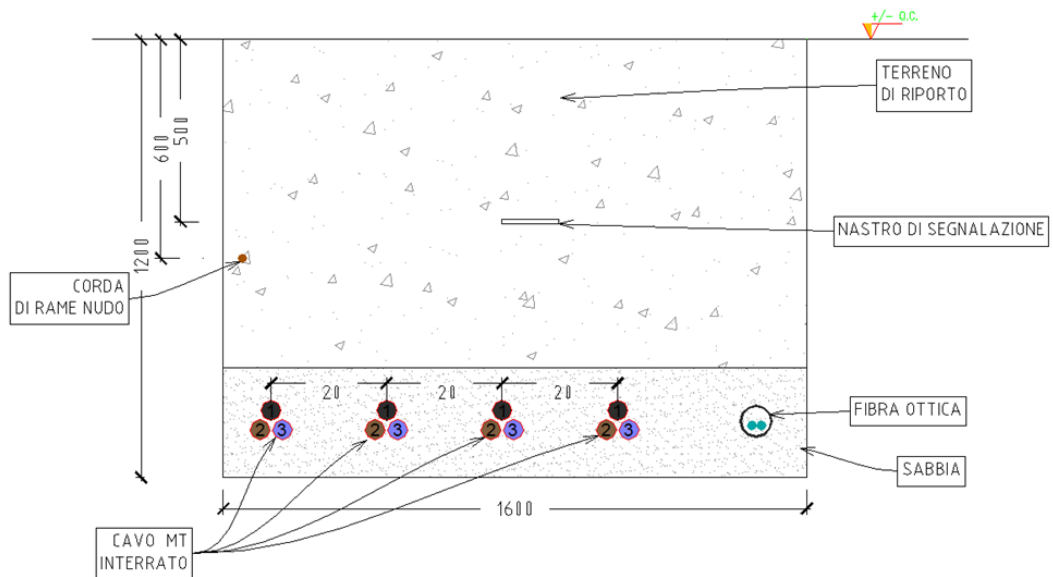


Figura 4-4: Sezione tipo posa cavo MT con n° 4 linee

4.3 TRASFORMATORI E INVERTER

I trasformatori all'interno delle cabine avranno una potenza di 2000 kVA (n°17) e 1600 kVA (n°7).
Il rapporto fra potenza di picco dell'impianto e potenza nominale totale dei trasformatori vale:

$$k_1 = \frac{P_p}{P_{n_tr}} = \frac{49.747,6}{17 * 2000 + 7 * 1600} = 1.1$$

5 SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO

5.1 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Per la parte di impianto in bassa tensione la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

Per le cabine di campo, la protezione contro i contatti diretti nei confronti del trasformatore potrà essere realizzata mediante barriere di protezione e distanziamenti di caratteristiche conformi alla Norma CEI EN 61936-1. Le parti attive isolate non schermate sono costituite dagli isolatori passanti di media tensione.

Le distanze minime in relazione alle caratteristiche della barriera utilizzata sono riportate nella seguente tabella.

Tensione nominale Un/Um [kV]	Tensione di tenuta all'impulso Up [kV]	Tipo di barriera	Distanza [mm]
15/17.5	95	Parete rigida senza aperture	160
		Rete metallica IP1XB ⁽¹⁾	260
		Rete metallica IP2X ⁽²⁾	240
20/24	125	Parete rigida senza aperture	160
		Rete metallica IP1XB ⁽¹⁾	260
		Rete metallica IP2X ⁽²⁾	240
30/36	145	Parete rigida senza aperture	270
		Rete metallica IP1XB ⁽¹⁾	350
		Rete metallica IP2X ⁽²⁾	350

(1) Una rete con grado di protezione IP1XB non può essere attraversata da una sfera di diametro 50mm; ad esempio una rete metallica di maglia 4 cm x 4 cm

(2) Una rete con grado di protezione IP2X non può essere attraversata da una sfera di diametro 12,5mm; ad esempio una rete metallica di maglia 1 cm x 1 cm

Tabella 5-1: distanza di protezione delle barriere dalle parti attive

5.2 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

5.2.1 Sezione di impianto in bassa tensione

Per la sezione di impianto in bassa tensione la protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

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

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in *Tabella 5-2*

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

dove:

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

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

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

$U_0(V)$	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Tabella 5-2: tempi massimi di interruzione per sistemi TN

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

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

5.2.2 Sezione di impianto in media tensione

Le linee della sezione di impianto a media tensione saranno protette mediante interruttori automatici con sganciatore di tipo elettronico. In corrispondenza del punto di consegna saranno installati:

1) il Sistema di Protezione Generale (SPG), dotata delle seguenti funzioni protettive come da Norma CEI 0-16:

- massima corrente (50/51);
- massima corrente verso terra (50N/51N);
- direzionale di terra (67N);

2) il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI), dotata delle seguenti funzioni protettive come da Norma CEI 0-16:

- massima tensione (59, con due soglie);
- minima tensione (27, con due soglie);
- massima tensione omopolare V_0 lato MT (59.N, ritardata);
- massima frequenza ($81 > .S1$ con sblocco voltmetrico);
- minima frequenza ($81 < .S1$ con sblocco voltmetrico);
- massima frequenza ($81 > .S2$);
- minima frequenza ($81 < .S2$);
- funzione di sblocco voltmetrico basata sulle funzioni:

massima tensione residua ($59V_0$, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive $81 > .S1$ e $81 < .S1$);

massima tensione di sequenza inversa ($59V_i$, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive $81 > .S1$ e $81 < .S1$);

minima tensione di sequenza diretta ($27V_d$, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive $81 > .S1$ e $81 < .S1$).