

REGIONE: SICILIA

PROVINCIA: CATANIA

COMUNI: CASTEL DI IUDICA, RAMACCA

ELABORATO:

073.20.01.R13

OGGETTO:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO "CASTEL DI IUDICA"
DA 217,060 MWp
PROGETTO DEFINITIVO**

PROPONENTE:

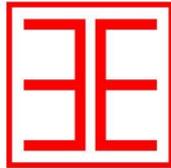


Ibvi 5 S.r.l.

IBVI 5 S.R.L.

Viale Amedeo Duca D'Aosta 76, Bolzano (BZ)
IBVI5srl@Pec.it

**PROGETTO
DEFINITIVO**



**E N E R G Y
E N V I R O N M E N T
E N G I N E E R I N G**

Via G. Volpe n.92 – cap 56121 – Pisa (PI)

3eingegneria@pec.it

www.3eingegneria.it

info@3eingegneria.it

Relazione Calcolo Preliminare Impianti



Note:

Giugno 2023	02	Revisione generale	3E Ingegneria Srl	IBVI 5 srl
Marzo 2022	01	Revisione generale	3E Ingegneria Srl	IBVI 5 srl
DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE,
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

S O M M A R I O

1	GENERALITÀ	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	CALCOLO 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	10
4.3	Trasformatori e inverter	16
5	SICUREZZA ELETTRICA DELL'IMPIANTO	17
5.1	Protezione contro i contatti diretti	17
5.2	Protezione contro i contatti indiretti	17
5.2.1	Sezione di impianto in bassa tensione	17
5.2.2	Sezione di impianto in media tensione	19
5.2.3	Sezione di impianto in alta tensione	19

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	2	19

1 GENERALITÀ

L’impianto fotovoltaico “Castel di Iudica” sorgerà in nove diverse aree, ubicate nel comune di Castel di Iudica e di Ramacca, in provincia di Catania. L’impianto sarà allacciato alla rete di alta tensione a 150 kV di TERNA SpA, mediante realizzazione di un elettrodotto in antenna a 150 kV con la sezione a 150 kV di una nuova stazione elettrica (SE) RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce sulla futura linea RTN a 380 kV “Chiamonte Gulfi-Ciminna”, di cui al Piano di Sviluppo Terna.

Il progetto prevede la costruzione e l’esercizio di un impianto fotovoltaico a terra di taglia pari a circa 217,060 MWp costituito da 9 macro-aree, distanti tra loro alcuni chilometri, attualmente a destinazione agricola; a Nord saranno interessate le aree di Massera Truglio, Masseria Ingalbone e Masseria Cosentino. Ad Est saranno interessate le aree in località Casa Parlato e Casa Alessandri. Ad Ovest saranno interessate aree in località Rocco Colomba, mentre a Sud saranno occupate tre aree: una limitrofa alla località Borgo Franchetto e l’altra nei pressi della Masseria Ninfa e per finire una vicino alla Masseria Quattro Finaite, queste ultime due nel comune di Ramacca. L’impianto sarà costituito principalmente dai seguenti componenti:

- 4725 strutture di tipo fisso configurate per ospitare ciascuno n°24x3 moduli fotovoltaici da 615 Wp
- 1516 strutture di tipo fisso configurate per ospitare ciascuno n°8x3 moduli fotovoltaici da 615 Wp
- N° 37 cabine di campo in cui saranno raccolti i cavi provenienti dagli inverter e sarà effettuata la trasformazione BT/MT
- N° 8 cabine d’impianto, ubicate nelle sette aree, in cui saranno raccolti i cavi provenienti dalle cabine di campo e collegate alla stazione di utenza mediante elettrodotti in cavo interrato MT
- una stazione di utenza in cui avverrà la consegna dell’energia elettrica prodotta alla rete di trasmissione a 150 kV previa trasformazione 33/150 kV
- un elettrodotto aereo AT a 150 kV di lunghezza totale pari a circa 12 km, che connette la stazione di utenza alla futura stazione di rete Terna.
- viabilità interna sterrata e permeabile, secondo quanto riportato negli allegati elaborati

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	3	19



grafici, per consentire il transito dei mezzi di manutenzione e pulizia dei moduli FV.

I siti ove sorgerà l’impianto fotovoltaico saranno ovviamente dotati di viabilità interna, sterrata e permeabile, secondo quanto riportato negli allegati elaborati grafici, per consentire il transito dei mezzi di manutenzione e pulizia dei moduli FV.

La stazione di utenza sarà realizzata a circa 6 km ad Est dell’abitato di Castel di Iudica, a fianco della S.P. Franchetto – S.G. Bellona – Catenanova.

La stazione di utenza, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 33/150 kV, sarà collegata alla sezione a 150 kV della futura stazione elettrica di rete esistente denominata, mediante un elettrodotto aereo a 150 kV della lunghezza di circa 12 km.

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con una tipologia di modulo fotovoltaico composto da 156 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 615 Wp.

L’impianto sarà costituito da un totale di 376.584 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 217,060 MWp.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n°974 convertitori statici trifase (inverter) tipo HUAWEI modello SUN2000-215KTL-H0, Pn=200 kW, agganciati alle strutture di sostegno dei moduli, in posizione opportuna.

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 6000 kVA a doppio secondario ed avranno una tensione MT di 33 kV ed una tensione BT di 800V. Ognuno di essi sarà alloggiato all’interno di ciascuna cabina di campo.

In ciascuna cabina di campo sarà alloggiato un trasformatore da 5 kVA con rapporto di trasformazione 0.8/0.4 kV per alimentare i servizi ausiliari di cabina.

In ciascuna cabina di impianto sarà inoltre alloggiato un trasformatore da 100 kVA con rapporto di trasformazione 33/0.4 kV per alimentare i servizi ausiliari di impianto.

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	4	19

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa e le leggi di riferimento per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono le seguenti:

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

CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per i dispositivi fotovoltaici di riferimento;

CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per dispositivi solari fotovoltaici (FV) per uso terrestre, con spettro solare di riferimento;

IEC 61727: Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface;

CEI EN 61215-1: Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1: Prescrizioni per le prove

CEI EN 61215-2: Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 2: Procedure di prova

CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3-2: Limiti - 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: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT)

CEI EN 60445: Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Identificazione dei morsetti degli apparecchi, delle estremità dei conduttori e dei conduttori

CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP)

CEI EN 60099: 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 V

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

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	5	19

UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici

CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati

CEI EN 62305-1: Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali

CEI EN 62305-2: Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio

CEI EN 62305-3: Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone

CEI EN 62305-4: Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

CEI 81-29: Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305

CEI 81-30: Protezione contro i fulmini. Reti di localizzazione fulmini (LLS). Linee guida per l'impiego di sistemi LLS per l'individuazione dei valori di Ng (Norma CEI EN 62305-2)

IEC 60364-7-712: Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.

D. Lgs. 81/2008 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.

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

Allegato A alla deliberazione ARG/elt99/08 valido per le richieste di connessione presentate a partire dall'1 gennaio 2011 –Versione integrata e modificata dalle deliberazioni ARG/elt79/08, ARG/elt205/08, ARG/elt130/09, ARG/elt125/10, ARG/elt51/11,ARG/elt148/11,ARG/elt187/11,226/2012/R/eel,328/2012/R/eel, 578/2013/R/eel,574/2014/R/eel,400/2015/R/eel,558/2015/R/eel,424/2016/R/eel,581/2017/R/eel, 564/2018/R/eel 592/2018/R/eel 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**)

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	6	19

3 CALCOLO CORRENTI NELLE CONDIZIONI DI MASSIMA PRODUZIONE

Le condizioni di massima produzione sono quelle riferite alla potenza degli inverter installati.

Come già detto l'impianto è suddiviso in sette aree, comprendenti complessivamente n°37 cabine di trasformazione. La potenza è ripartita secondo il seguente prospetto, che riporta anche il numero di strutture, di moduli e di inverter afferenti a ciascuna cabina.

AREA	Tipo	#strutture	#moduli Totali Area	Stringhe Totali area	#Cabine	Pp. x Cab (kWp)	P. tot. cab (kW)	#inverter	Pac (kW)	Pp/Pac	S (KVA)	Pcab/Pac
Area 1	fisso (24x3)	654	53688	2237	5	33018,1	30000	138	27600	1,20	29053	1,09
	fisso (8x3)	275										
Area 2	fisso (24x3)	1001	78960	3290	7	48560,4	42000	203	40600	1,20	42737	1,03
	fisso (8x3)	287										
Area 3	fisso (24x3)	232	20112	838	2	12368,9	12000	52	10400	1,19	10947	1,15
	fisso (8x3)	142										
Area 4	fisso (24x3)	166	12768	532	2	7852,3	12000	34	6800	1,15	7158	1,76
	fisso (8x3)	34										
Area 5	fisso (24x3)	730	59232	2468	6	36427,7	36000	153	30600	1,19	32211	1,18
	fisso (8x3)	278										
Area 6	fisso (24x3)	383	29160	1215	3	17933,4	18000	76	15200	1,18	16000	1,18
	fisso (8x3)	66										
Area 7	fisso (24x3)	639	50616	2109	1	31128,8	6000	130	26000	1,20	27368	0,23
	fisso (8x3)	192										
Area 8	fisso (24x3)	526	40704	1696	4	25033,0	24000	106	21200	1,18	22316	1,13
	fisso (8x3)	118										
Area 9	fisso (24x3)	284	21648	902	2	13313,5	12000	57	11400	1,17	12000	1,05
	fisso (8x3)	50										
TOTALE		6057	366888	15287	32	225636,1	192000	949	189800	1,19	199789	1,01

Dal prospetto sopra riportato si evince che:

- il rapporto fra potenza di picco lato corrente continua e potenza inverter (lato corrente alternata) è pari a 1,19 in linea con i valori tipici utilizzati per il dimensionamento degli inverter.
- il rapporto fra potenza nominale delle cabine e potenza nominale degli inverter è 1,14 valore che tiene conto del margine necessario per i flussi di potenza reattiva.

4 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO ELETTRICO

4.1 Cavi BT

Il dimensionamento dei cavi e le scelte dei relativi dispositivi di protezione sono stati effettuati 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, come già riportato nel doc. 064.20.01.R.02, 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:

conduttore in rame

$$S=95 \text{ mm}^2$$

$$I_z (T_a=20 \text{ C}^\circ, \rho=1 \text{ }^\circ\text{Cm/W) (FG16R16) = 331 \text{ A (posa interrata)}$$

$$242 \text{ A (posa interrata in tubo)}$$

Le caratteristiche dei cavi suddetti sono riportati nella seguente tabella.

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	8	19

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) 30 °C in tubo in aria	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 20 °C		raggio minimo di curvatura
<i>conductor cross-section</i>	<i>approximate conductor diameter</i>	<i>average insulation thickness</i>	<i>maximum outer diameter</i>	<i>approx. weight</i>	<i>maximum DC resistance at 20 °C</i>	<i>in open air at 30 °C</i>	<i>in duct in air at 30 °C</i>	<i>permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C</i>		<i>minimum bending radius</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ω/km)			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

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	9	19

4.2 Cavi MT

Il tipo di cavo utilizzato, come già riportato nel doc. 035.21.01.R02, è il cavo denominato ARE4H5E 18/30 kV. Le caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
<i>conductor cross-section</i>	<i>conductor diameter</i>	<i>diameter over insulation</i>	<i>nominal outer diameter</i>	<i>approximate weight</i>	<i>minimum bending radius</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation</i>	<i>underground installation trefoil p=1 °C m/W</i>	<i>underground installation trefoil p=2 °C m/W</i>
(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450
70	9,7	25,6	34	870	450
95	11,4	26,5	35	950	470
120	12,9	27,4	36	1040	470
150	14,0	28,1	37	1130	490
185	15,8	29,5	38	1260	510
240	18,2	31,5	41	1480	550
300	20,8	34,7	44	1740	590
400	23,8	37,9	48	2130	650
500	26,7	41,0	51	2550	690
630	30,5	45,6	56	3130	760

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

Tabella 4.2: caratteristiche dei cavi MT

Il dimensionamento dei cavi di media tensione è stato effettuato tenendo conto della corrente di impiego e della portata del cavo sopra indicate, quest'ultima dipendente, oltre che dalla tipologia di cavi, anche dalle modalità di posa degli stessi e dalla presenza di più cavi nello stesso scavo. Si riassumono nella seguente tabella i risultati del calcolo.

AREA 1

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	n° WTG	vie parall.	n° cavi per scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μF]	ΔV%	Verifica
CC1-1	CC1-2		447	116.64	1 x 240	1	1	2	0	447	331.1	0.056	0.051	0.136	0.04%	Port. OK
CC1-2	CC1-3		852	233.27	1 x 240	2	1	2	0	852	331.1	0.107	0.096	0.260	0.17%	Port. OK
CC1-3	CSUB-1		265	349.91	1 x 400	3	1	2	0	265	431.0	0.021	0.036	0.098	0.06%	Port. OK
CC1-4	CSUB-1		535	116.64	1 x 240	1	1	2	0	535	331.1	0.067	0.060	0.163	0.05%	Port. OK
CC1-5	CSUB-1		325	116.64	1 x 400	1	1	2	0	325	431.0	0.025	0.044	0.120	0.03%	Port. OK
CSUB-1	STATION		1,150	583.18	1 x 630	5	2	5	6	2,300	927.0	0.027	0.057	1,024	0.15%	Port. OK



AREA 2

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	n° WTG	vie //	cavi/scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μ F]	ΔV%	Verifica
CC2-1	CC2-2		187	116.64	1 x 240	1	1	2	0	187	331.1	0.023	0.021	0.057	0.02%	Port. OK
CC2-2	CC2-3		197	233.27	1 x 240	2	1	1	0	197	385.0	0.025	0.022	0.060	0.04%	Port. OK
CCB-3	CC2-4		210	349.91	1 x 400	3	1	2	0	210	431.0	0.016	0.028	0.078	0.05%	Port. OK
CCB-4	CSUB-2		503	466.55	1 x 630	4	1	2	0	503	561.4	0.024	0.050	0.224	0.11%	Port. OK
CCB-5	CCB-6		538	116.64	1 x 240	1	1	2	0	538	331.1	0.067	0.061	0.164	0.05%	Port. OK
CCB-6	CSUB-2		580	233.27	1 x 500	2	1	2	3	580	492.1	0.035	0.060	0.232	0.07%	Port. OK
CC2-7	CSUB-2		296	116.64	1 x 240	1	1	2	0	296	331.1	0.037	0.033	0.090	0.03%	Port. OK
CSUB-2	STATION		2,309	816.45	1 x 630	7	2	5	12	4,618	927.0	0.054	0.115	2.055	0.42%	Port. OK

AREA 3

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	n° WTG	vie parall.	n° cavi per scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μ F]	ΔV%	Verifica
CC3-1	CC3-2		1,031	116.64	3 x 1 x 70	1	1	2	3	1,031	164.3	0.457	0.146	0.181	0.29%	Port. OK
CC3-2	CSUB-3		134	233.27	3 x 1 x 185	2	1	2	0	134	284.8	0.022	0.016	0.037	0.03%	Port. OK
CC3-3	CSUB-3		248	116.64	3 x 1 x 185	1	1	2	0	248	284.8	0.041	0.029	0.068	0.03%	Port. OK
CSUB-3	STATION		4,695	349.91	1 x 630	3	1	5	24	4,695	463.5	0.220	0.468	2.089	0.74%	Port. OK

AREA 4

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	n° WTG	vie parall.	n° cavi per scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μ F]	ΔV%	Verifica
CC4-1	CC4-2		200	116.64	1 x 240	1	1	2	0	200	331.1	0.025	0.023	0.061	0.02%	Port. OK
CC4-2	STATION		85	233.27	1 x 240	2	1	2	0	85	331.1	0.011	0.010	0.026	0.02%	Port. OK

AREA 5

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	n° WTG	vie parall.	n° cavi per scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μ F]	ΔV%	Verifica
CC5-6	CC5-1		428	116.64	1 x 240	1	1	2	0	428	331.1	0.054	0.048	0.131	0.04%	Port. OK
CC5-1	CC5-2		293	233.27	1 x 240	2	1	2	0	293	331.1	0.037	0.033	0.089	0.06%	Port. OK
CC5-2	CSUB-5		1,691	349.91	1 x 500	3	1	4	6	1,691	423.4	0.102	0.174	0.676	0.31%	Port. OK
CC5-3	CC5-4		472	116.64	1 x 240	1	1	2	0	472	331.1	0.059	0.053	0.144	0.05%	Port. OK
CCE-4	CCE-5		1,285	233.27	1 x 240	2	1	2	3	1,285	331.1	0.161	0.145	0.392	0.25%	Port. OK
CCE-5	CSUB-5		9	349.91	1 x 240	3	1	1	0	9	385.0	0.001	0.001	0.003	0.00%	Port. OK
CSUB-5	STATION		6,243	699.82	1 x 630	6	2	8	33	12,486	770.3	0.146	0.311	5.556	0.98%	Port. OK

AREA 6

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	n° WTG	vie parall.	n° cavi per scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μ F]	ΔV%	Verifica
CC6-1	CSUB-6		17	116.64	1 x 400	1	1	2	0	17	431.0	0.001	0.002	0.006	0.00%	Port. OK
CC6-2	CC6-3		333	116.64	1 x 240	1	1	1	0	333	385.0	0.042	0.038	0.102	0.03%	Port. OK
CC6-3	CSUB-6		317	233.27	1 x 240	2	1	2	0	317	331.1	0.040	0.036	0.097	0.06%	Port. OK
CSUB-6	STATION		5,159	349.91	1 x 630	3	1	8	27	5,159	385.2	0.242	0.514	2.296	0.81%	Port. OK

AREA 7

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm ²]	n° WTG	vie parall.	n° cavi per scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μ F]	ΔV%	Verifica
CC7-1	CC7-2		455	116.64	1 x 240	1	1	2	0	455	331.1	0.057	0.051	0.139	0.05%	Port. OK
CC7-2	CC7-3		382	233.27	1 x 240	2	1	2	0	382	331.1	0.048	0.043	0.117	0.08%	Port. OK
CC7-3	CSUB-7		382	349.91	1 x 400	3	1	2	0	382	431.0	0.030	0.051	0.141	0.09%	Port. OK
CC7-4	CSUB-7		818	116.64	1 x 240	1	2	4	0	1,636	569.7	0.051	0.046	0.499	0.04%	Port. OK
CC7-5	CSUB-7		8	116.64	1 x 240	1	2	1	0	16	769.9	0.001	0.000	0.005	0.00%	Port. OK
CSUB-7	STATION		4,350	583.18	1 x 630	5	2	8	24	8,700	770.3	0.102	0.217	3.872	0.57%	Port. OK

AREA 8

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm2]	n° WTG	vie parall.	n° cavi per scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μ F]	ΔV%	Verifica
CC8-1	CC8-2		497	116.64	1 x 240	1	1	2	0	497	331.1	0.062	0.056	0.152	0.05%	Port. OK
CC8-2	CSUB-8		35	233.27	1 x 240	2	1	2	0	35	331.1	0.004	0.004	0.011	0.01%	Port. OK
CC8-3	CSUB-8		377	116.64	1 x 240	1	1	2	0	377	331.1	0.047	0.043	0.115	0.04%	Port. OK
CC8-4	CSUB-8		681	116.64	1 x 240	1	2	4	0	1,362	569.7	0.043	0.038	0.415	0.03%	Port. OK
CSUB-8	STATION		9,252	466.55	1 x 630	4	2	8	51	18,504	770.3	0.217	0.461	8.234	0.97%	Port. OK

AREA 9

Cavo	Da	a	D [m]	Ib [A]	S [mm2]	n° WTG	vie parall.	n° cavi per scavo	n° minimo giunzioni	L [m]	Iz [A]	Rc [Ω]	Xlc [Ω]	Ctc [μ F]	ΔV%	Verifica
CC9-1	CSUB-9		363	116.64	1 x 240	1	1	2	0	363	331.1	0.045	0.041	0.111	0.04%	Port. OK
CC9-2	CSUB-9		717	116.64	1 x 240	1	1	2	0	717	331.1	0.090	0.081	0.219	0.07%	Port. OK
CSUB-8	STATION		6,882	233.27	1 x 630	2	1	8	36	6,882	385.2	0.323	0.685	3.062	0.72%	Port. OK

Le linee saranno posate all'interno di uno scavo, di dimensioni opportune, aventi una profondità minima di posa tale da garantire 1-1,20 m, misurato dall'estradosso superiore del tubo.

Di seguito si riportano le tipologie di sezione tipica di posa utilizzate per i cavi MT dell'impianto fotovoltaico.

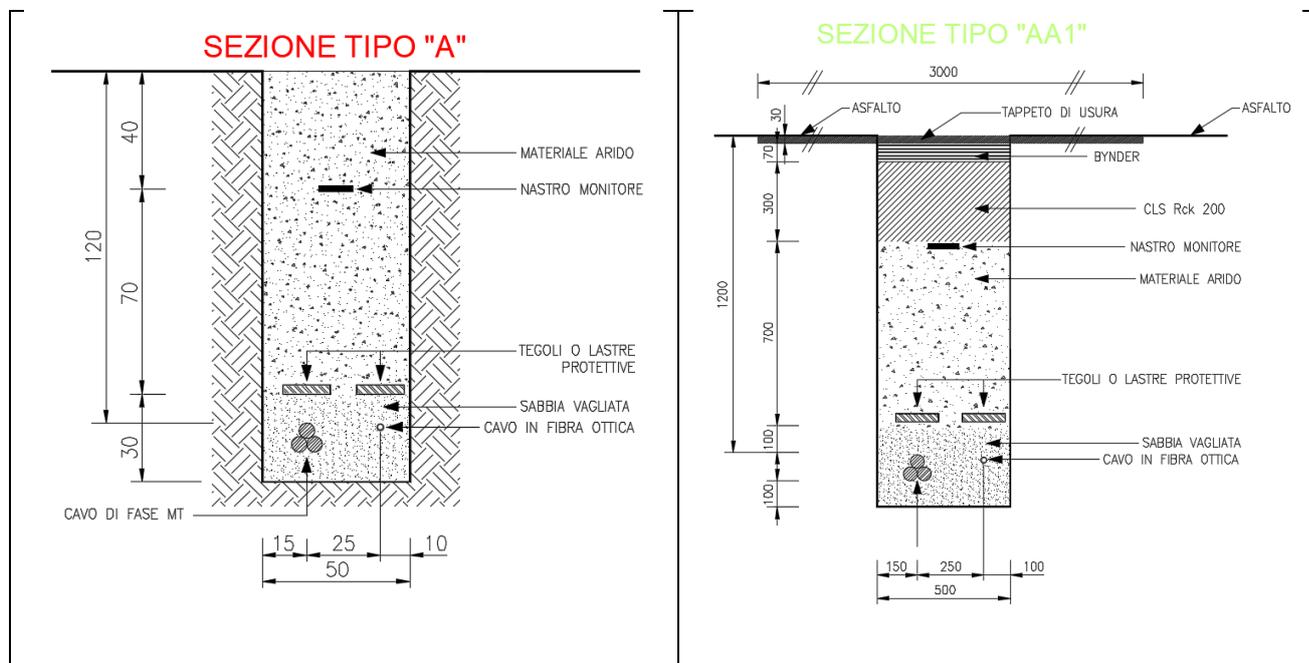


Figura 1: Tipici di posa cavi MT con n°1 linea

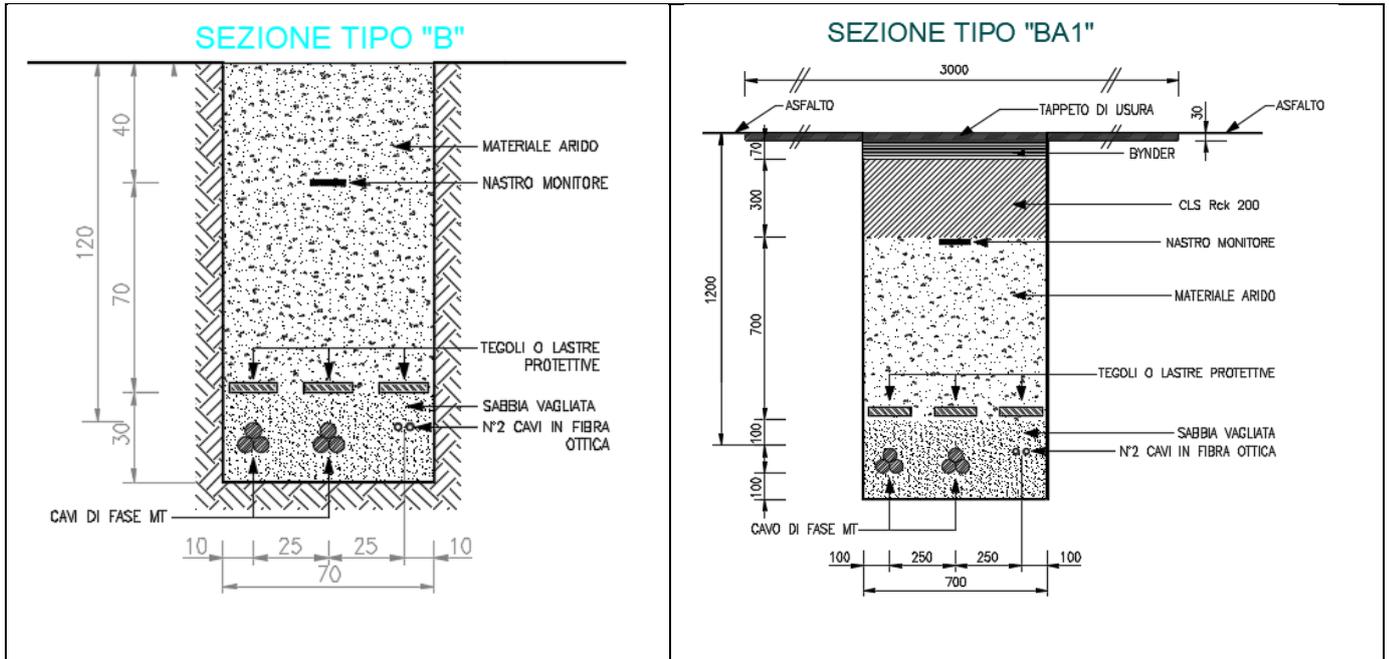


Figura 2: Tipici di posa cavi MT con n°2 linee

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	13	19

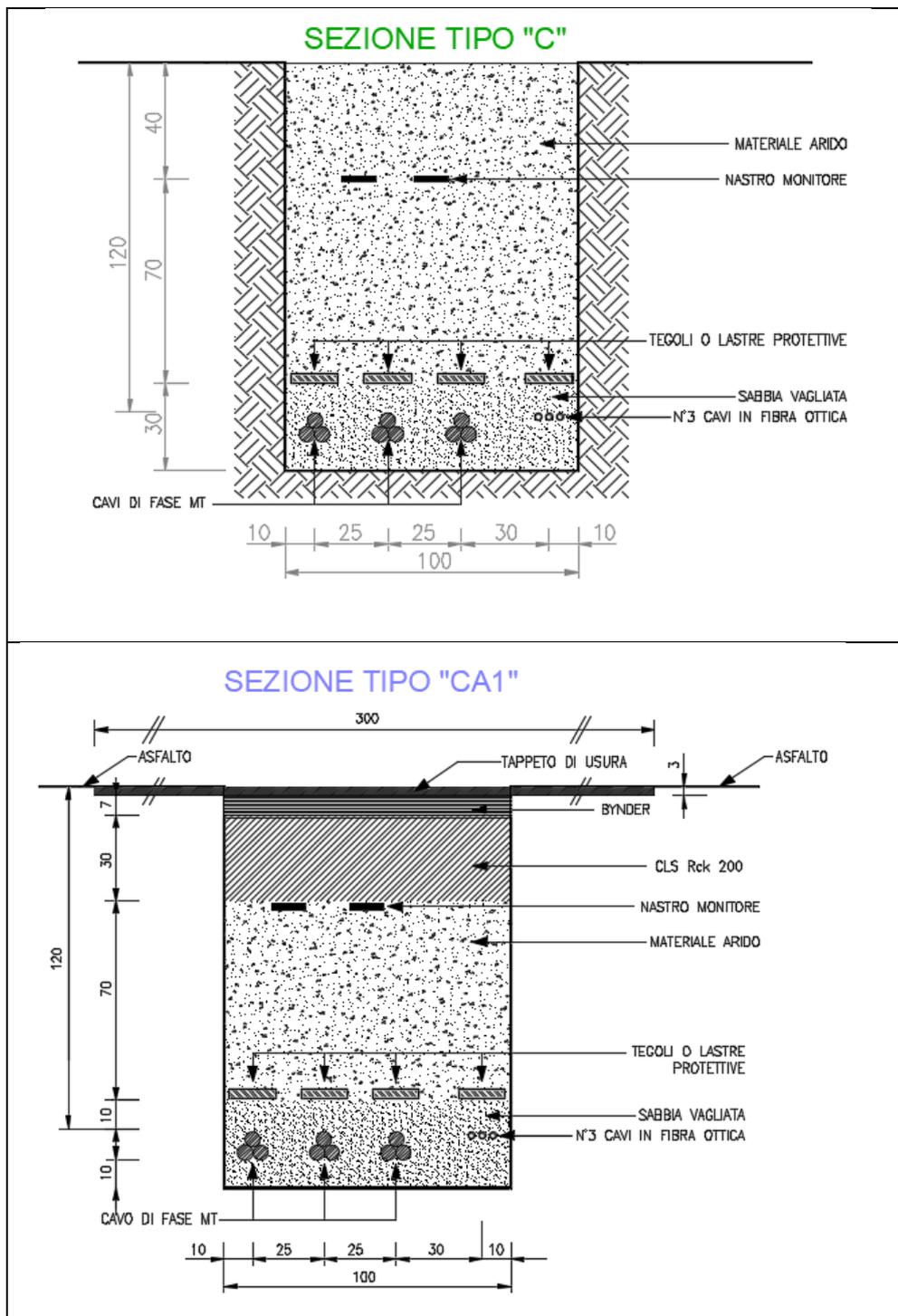


Figura 3: Tipici di posa cavi MT con n°3 linee

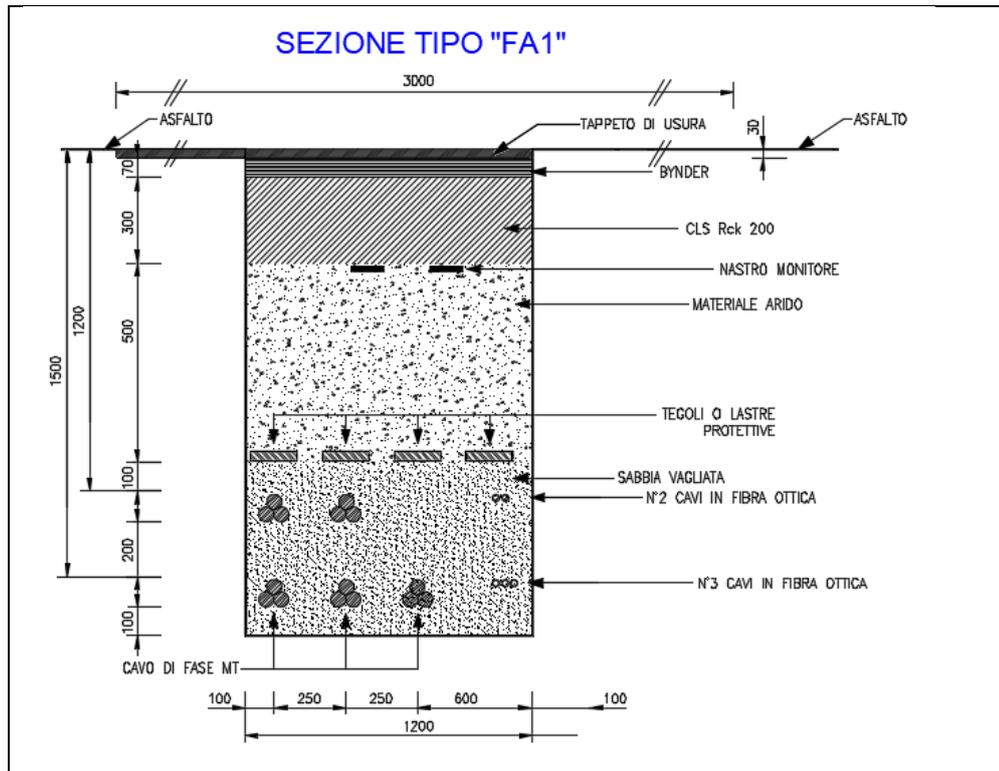


Figura 6: *Tipici di posa cavi MT con n°5 linee*

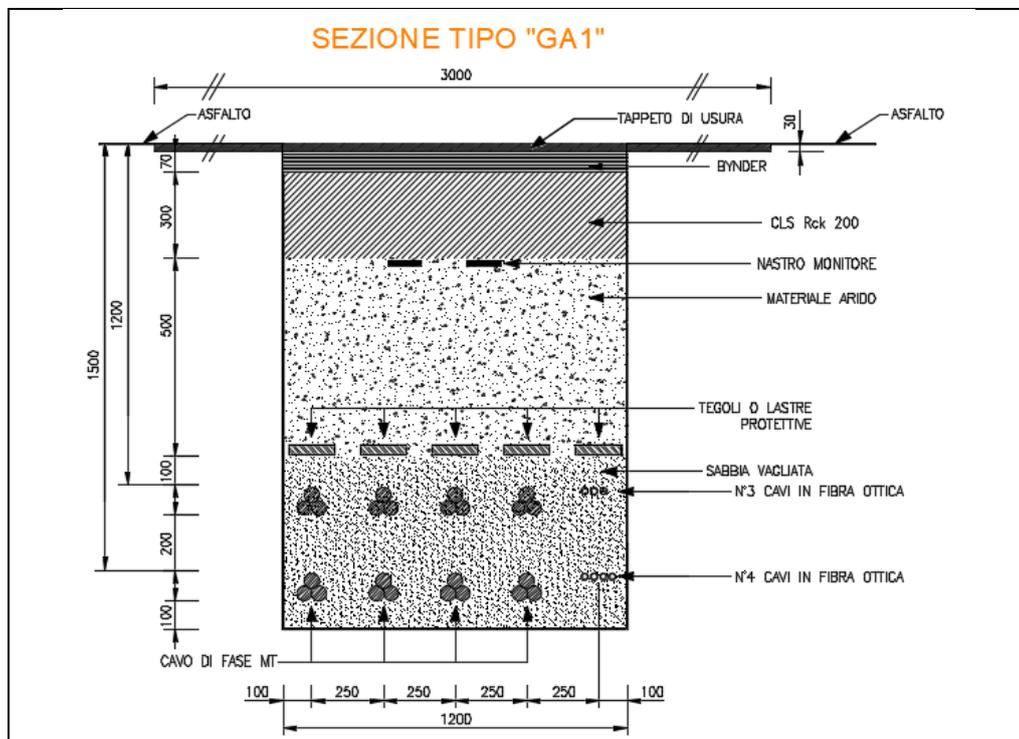


Figura 7: *Tipici di posa cavi MT con n°8 linee*

4.3 Trasformatori e inverter

Le cabine utilizzate avranno una potenza di 6000 kVA.

Nella seguente tabella si riassumono i valori dei rapporti k_1 e k_2 , così calcolati:

$$k_1 = \frac{P_p}{P_{n_inv}}, \quad k_2 = \frac{P_{n_tr}}{P_{n_inv}}, \quad \text{dove:}$$

P_p = potenza di picco afferente alla singola cabina

P_{n_tr} = potenza nominale trasformatore

P_{n_inv} = potenza nominale degli inverter afferenti alla singola cabina

AREA	Tipo	#strutture	#moduli Totali Area	Stringhe Totali area	#Cabine	Pp. x Cab (kWp)	P. tot. cab (kW)	#Inverter	Pac (kW)	Pp/Pac	S(KVA)	Pcab/Pac
Area 1	fisso (24x3)	654	53688	2237	5	33018,1	30000	138	27600	1,20	29053	1,09
	fisso (8x3)	275										
Area 2	fisso (24x3)	1001	78960	3290	7	48560,4	42000	203	40600	1,20	42737	1,03
	fisso (8x3)	287										
Area 3	fisso (24x3)	232	20112	838	2	12368,9	12000	52	10400	1,19	10947	1,15
	fisso (8x3)	142										
Area 4	fisso (24x3)	166	12768	532	2	7852,3	12000	34	6800	1,15	7158	1,76
	fisso (8x3)	34										
Area 5	fisso (24x3)	730	59232	2468	6	36427,7	36000	153	30600	1,19	32211	1,18
	fisso (8x3)	278										
Area 6	fisso (24x3)	383	29160	1215	3	17933,4	18000	76	15200	1,18	16000	1,18
	fisso (8x3)	66										
Area 7	fisso (24x3)	639	50616	2109	1	31128,8	6000	130	26000	1,20	27368	0,23
	fisso (8x3)	192										
Area 8	fisso (24x3)	526	40704	1696	4	25033,0	24000	106	21200	1,18	22316	1,13
	fisso (8x3)	118										
Area 9	fisso (24x3)	284	21648	902	2	13313,5	12000	57	11400	1,17	12000	1,05
	fisso (8x3)	50										
TOTALE		6057	366888	15287	32	225636,1	192000	949	189800	1,19	199789	1,01

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. Trattandosi di trasformatori in olio, il cassone in acciaio è a tutti gli effetti uno schermo metallico che, una volta collegato a terra, può essere a portata di mano. 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

(1) Una rete con grado di protezione IP1XB non può essere attraversata da una sfera di diametro 50 mm; 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 12,5 mm; 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 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 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 sganciatori di massima corrente di tipo elettronico. La protezione contro i guasti a terra sarà assicurata da:

- massima tensione omopolare (59N)
- direzionale di terra (67N).

5.2.3 Sezione di impianto in alta tensione

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 V0 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 (59V0, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive 81>.S1 e 81<.S1);

- massima tensione di sequenza inversa (59Vi, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive 81>.S1 e 81<.S1);
- minima tensione di sequenza diretta (27Vd, sblocco voltmetrico per attivazione delle soglie restrittive 81>.S1 e 81<.S1).

073.20.01.R.13	02	Revisione generale	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Giu. 2023	19	19