



REGIONE
SARDEGNA



COMUNE DI
MUSEI



COMUNE DI
VILLAMASSARGIA

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO CONNESSO ALLA R.T.N. DI POTENZA DI PICCO PARI A 62.961,36 kWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 54.872,88 kW

Denominazione Impianto:

IMPIANTO MUSEI VILLAMASSARGIA

Ubicazione:

Comuni di Musei - Villamassargia

ELABORATO

RELAZIONE TECNICA

DOC_R_03



CLEAN ENERGY NATURALLY

Project - Commissioning - Consulting
CEN SRL
STRADA DI GUINZA GRANDE
1 INT. 2 CAP 01014
MONTALTO DI CASTRO (VT)

Scala: /

PROGETTO

Data:
29/04/24

PRELIMINARE



DEFINITIVO



ESECUTIVO



Il Richiedente:

CCEN MUSEI SRL
PIAZZA WALTHER VON VOGELWEIDE 8
39100 BOLZANO
KANZLEI ROEDL & PARTNER
P. IVA: 0321820210

Tecnici:

Ing. Federico BONI - Iscrizione Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo A-754
Prof. Giuseppe Scanu - Ordine dei Geologi della Sardegna n. 32
Dottore Forestale Simone Puddu - Ordine Dei Dot Agr e For della Prov di Oristano n.147

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01					
02					
03					
04					

Firma Produttore

Firme



Sommario

1	INTRODUZIONE	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	SOLUZIONE TECNICA DI CONNESSIONE IN RETE.....	4
4	DESIGN DI IMPIANTO	5
5	DEFINIZIONE DELLA STRINGA	6
6	ARCHITETTURA DEL SISTEMA	7
7	PRESTAZIONI DEL SISTEMA	12
8	PITCH E OMBREGGIAMENTO.....	13
9	IL SISTEMA ELETTRICO.....	15
9.1	LIVELLO 1: BASSA TENSIONE CORRENTE CONTINUA	15
9.1.1	COLLEGAMENTI ELETTRICI.....	15
9.2	LIVELLO 2: BASSA TENSIONE CORRENTE ALTERNATA	18
9.2.1	COLLEGAMENTI ELETTRICI.....	18
9.2.2	QUADRO DI PARALLELO AC IN POWER STATION	20
	QUADRI ELETTRICI PER SERVIZI DI CAMPO.....	21
9.3	LIVELLO 3: ALTA TENSIONE CORRENTE CONTINUA	22
9.3.1	TRASFORMATORE AT/BT	22
9.3.2	COLLEGAMENTI ELETTRICI.....	23
9.3.3	CABINA UTENTE	25
	PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRECTI	26
	COLLETTORE DI TERRA E COLLEGAMENTI INTERNI ALLE CABINE.....	27

1 INTRODUZIONE

L'intervento oggetto della presente relazione tecnica ha come finalità la realizzazione di un impianto agrovoltaiico a cura della società proponente CCEN MUSEI S.r.l., avente la denominazione e potenza di seguito riportata in tabella:

DENOMINAZIONE IMPIANTO	Musei e Villamassargia
POTENZA DI PICCO DC (kWp)	62.961,36
POTENZA NOMINALE AC (kW)	54.872,88

L'impianto sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) (grid connected) in modalità di cessione pura, pertanto, l'energia elettrica prodotta non sarà utilizzata in loco ma verrà interamente immessa in rete al netto dei consumi dei servizi ausiliari necessari al corretto funzionamento dell'intero sistema. L'impianto verrà realizzato su diverse superfici agricole ubicate nel territorio di pertinenza dei Comuni di Musei e Villamassargia Provincia del Sud Sardegna.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito vengono elencate, a titolo indicativo non esaustivo, le principali norme tecniche applicabili al presente progetto di sviluppo:

CLASSIFICAZIONE CENELEC - IEC CEN - ISO	CLASSIFICAZIONE CEI - UNI	TITOLO DELLA NORMA, SPECIFICA O GUIDA
NC	CEI 0-2	<i>Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici</i>
EN 61936 -1	CEI 99-2	<i>Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata - Parti Comuni</i>
EN 50522	CEI 99-3	<i>Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.</i>
NC	CEI 99-5	<i>Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.</i>
EN 60137	CEI 36-2	<i>Isolatori passanti per tensioni alternate oltre 1000 V</i>
EN 60273	NC	<i>Characteristics of indoor and outdoor post insulators for system with nominal voltage greater than 1000 V</i>
NC	CEI 36-12	<i>Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V</i>
EN 60721-1	CEI 104-33	<i>Classificazione delle condizioni ambientali Parte 1: Parametri ambientali e loro severità</i>
EN 60815 - 1	CEI 36-41	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 1: Definizioni, informazioni e principi generali</i>
EN 60815 - 2	CEI 36-42	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta</i>

		<i>tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 2: Isolatori di ceramica e di vetro per sistemi in c.a.</i>
EN 60815 - 3	CEI 36-43	<i>Scelta e dimensionamento di isolatori per alta tensione per uso in condizioni ambientali inquinate Parte 3: Isolatori polimerici per sistemi in c.a.</i>
EN 61869-1	CEI 38-11	<i>Trasformatori di misura - Parte 1: Prescrizioni generali</i>
EN 61869-2	CEI 38-14	<i>Trasformatori di misura - Parte 2: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di corrente</i>
EN 61869-3	CEI 38-12	<i>Trasformatori di misura - Parte 3: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di tensione</i>
EN 61869-4	CEI 38-15	<i>Trasformatori di misura - Parte 4: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori combinati</i>
EN 61869-5	CEI 38-13	<i>Trasformatori di misura - Parte 5: Prescrizioni aggiuntive per trasformatori di tensione capacitivi</i>
EN 50110-1	CEI 11-27	<i>Lavori su impianti elettrici</i>
EN 50110-2	CEI 11-48	<i>Esercizio degli impianti elettrici Parte 2: Allegati nazionali</i>
EN 62271-1/A1	CEI 17-112	<i>Prescrizioni comuni per apparecchiature di manovra e di comando ad alta tensione</i>
EN 62271-100	CEI 17-1	<i>Interruttori a corrente alternata ad alta tensione</i>
EN 62271-102	CEI 17-83	<i>Apparecchiatura per Alta Tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata</i>
EN 62271-103	NC	<i>High-voltage switchgear and controlgear - Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV</i>
EN 62271-104	CEI 17-121	<i>Interruttori di manovra e sezionatori di manovra sezionatori per alta tensione - Parte 1 e 2</i>
EN 62271-200	CEI 17-06	<i>Apparecchiatura ad alta tensione Parte 200: Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 kV a 52 kV</i>
NC	CEI 57-3	<i>Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate</i>
IEC 60364	CEI 64-8	<i>Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua: 1-7</i>
IEC / EN 61439-1	CEI 17-113	<i>Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) parte 1: Regole generali</i>
EN 60071-1	CEI 28-5	<i>Coordinamento dell'isolamento</i>
EN 60099-5	CEI 37-3	<i>Scaricatori Parte 5: Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione.</i>
EN 50110-1	CEI 11-27	<i>Lavori su impianti elettrici</i>
EN 50110-2	CEI 11-48	<i>Esercizio degli impianti elettrici Parte 2: Allegati nazionali</i>
NC	UNI 9795	<i>Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio - Progettazione, installazione ed esercizio</i>
NC	CEI 106-11	<i>Guida per la determinazione delle fasce di rispetto</i>

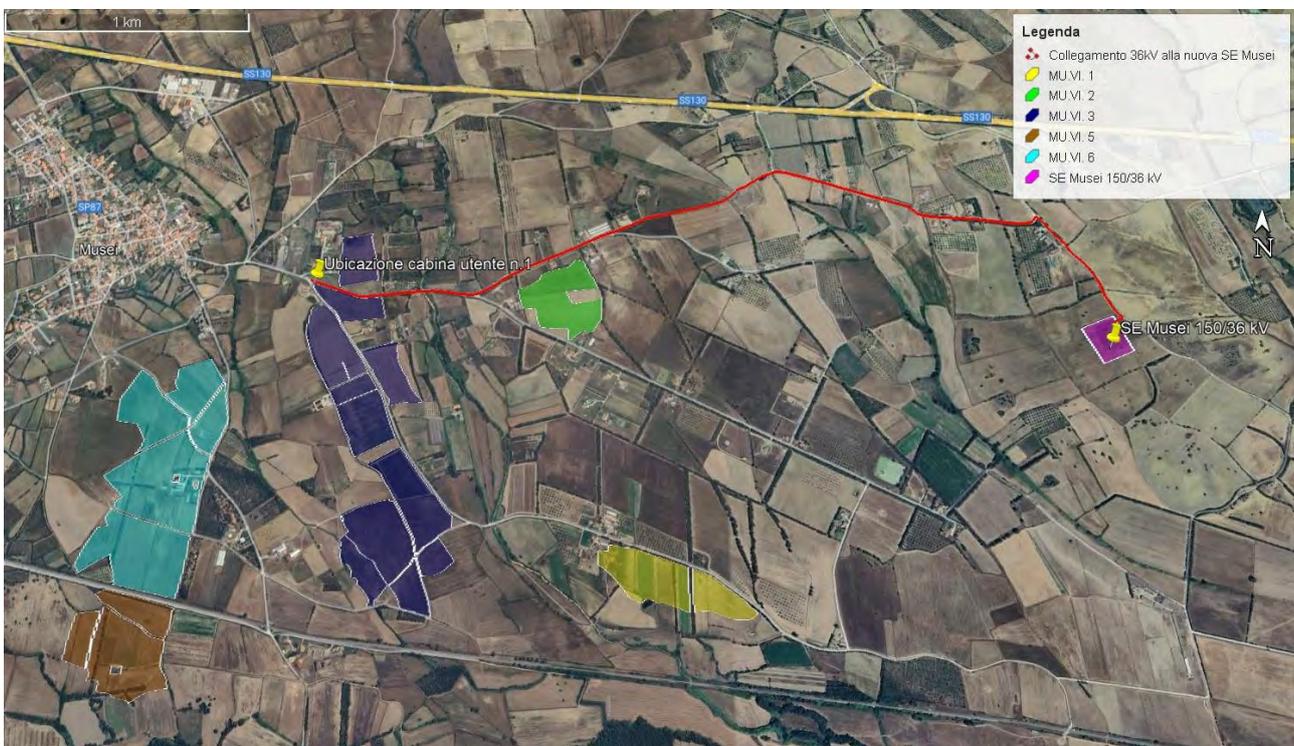
		<i>per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo</i>
CEI EN 61000-6-2	CEI 210-54	<i>Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali</i>
CEI EN 61000-6-4	CEI 210-66	<i>Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali</i>
NC	CEI 7-6	<i>Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici</i>
UNI EN ISO 2178	NC	<i>Misurazione dello spessore del rivestimento</i>
UNI EN ISO 2064	NC	<i>Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici. Definizioni e convenzioni relative alla misura dello spessore</i>
EN 60947-7-2	CEI 17-62	<i>Morsetti componibili per conduttori di protezione in rame</i>
EN 60947-7-3	CEI 17-84	<i>Apparecchiature a bassa tensione Parte 7-3: Apparecchiature ausiliarie - Prescrizioni di sicurezza per morsetti componibili con fusibili</i>
NC	CEI 99-27	<i>Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica; linee in cavo.</i>
NC	CEI 20-65	<i>Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente</i>
NC	CEI 20-22/2	<i>Prove di incendio su cavi elettrici. Prova di non propagazione dell'incendio.</i>
EN 60529	CEI EN 60529	<i>Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)</i>
NC	CEI 0-16	<i>Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica</i>

3 SOLUZIONE TECNICA DI CONNESSIONE IN RETE

L'impianto agrovoltaioco sarà funzionante in parallelo alla rete di distribuzione pubblica di alta tensione e sarà collegato in antenna a 36 kV su una Stazione Elettrica della RTN di futura realizzazione quest'ultima andrà ad inserirsi in entra-esce sulla linea 150 kV "Iglesias 2 - Siliqua". Ai fini della connessione l'intervento si configura come nuova connessione, inoltre, immettendo in rete tutta l'energia prodotta (al netto del consumo degli ausiliari) l'utenza sarà classificata di tipo attivo e il sistema sarà allacciato alla rete mediante l'installazione di un unico contatore lato media tensione.

Poiché l'impianto in oggetto sarà realizzato su diverse aree distinte e separate tra loro, il collegamento 36 kV per la connessione in antenna sarà attestato all'interno della Cabina Utente n.1 ubicata nell'area di impianto 3.2, essa rappresenterà, pertanto, l'interfaccia dell'impianto verso la rete.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'ARERA, il cavidotto in antenna a 36 kV per il collegamento dell'impianto agrovoltaico alla citata stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione. Ovviamente anche la nuova Stazione Elettrica 150/36 kV e relativi apparati elettromeccanici, nonché i raccordi con l'elettrodotto, sono inquadrati, alla stregua dello stallo di arrivo, ovvero come impianto di rete per connessione.



Nell'immagine satellitare riportata sono evidenziate le zone di impianto e in rosso il tracciato del cavidotto AT 36 kV per il collegamento in antenna dell'impianto alla futura Stazione Elettrica mentre in rosa è riportata l'area individuata per la realizzazione della nuova Stazione 150/36 kV Musei. La lunghezza complessiva del tracciato di collegamento della Cabina Utente n.1 alla Stazione Elettrica è di circa 3,5 km.

4 DESIGN DI IMPIANTO

Nel dimensionamento tecnico degli impianti fotovoltaici, in genere, risulta di notevole importanza la scelta della tensione nominale del generatore fotovoltaico, che rappresenta un compromesso, per quanto possibile ottimale, tra più esigenze tecniche, nel pieno rispetto dei criteri di sicurezza elettrica. Le esigenze tecniche sono rappresentate dalla ricerca del migliore accoppiamento possibile tra i livelli di tensione del generatore fotovoltaico con quelli del convertitore DC/AC, per il quale si registra

Relazione tecnica

PAG. 5

un aumento dell'efficienza al diminuire del rapporto tra la tensione di ingresso e quella di uscita.

Per il generatore fotovoltaico in esame, come del resto per tutti gli impianti utility scale di ultima generazione, si è scelto un valore per la tensione limite in corrente continua di 1500 V, tale valore è stato dettato prettamente dal livello tecnologico raggiunto nell'ambito della conversione da corrente continua in alternata, in poche parole attualmente 1500 V rappresenta il valore limite a cui gli inverter presenti sul mercato sono in grado di eseguire la suddetta conversione nella massima efficienza e pure la linea di demarcazione tra la bassa e la media tensione in corrente continua.

5 DEFINIZIONE DELLA STRINGA

Il design di impianto prevede l'installazione di convertitori statici di tipo string inverter. Il valore limite individuato per la tensione in corrente continua definisce a sua volta un elemento basilare dell'impianto fotovoltaico, la lunghezza di stringa, ovvero il numero massimo di moduli fotovoltaici che possono essere collegati in serie e collegati insieme in ingresso all'inverter.

L'impianto agrovoltaiico MU.VI. avrà una potenza di generazione pari a 62,96136 MW ottenuta dall'installazione di 95.396 moduli fotovoltaici bifacciali. Per questa fase di sviluppo i moduli individuati per la realizzazione del generatore fotovoltaico sono TRINASOLAR modello Vertex Bifacial TSM-DEG21C.20 da 660 W di cui a seguire si riportano i principali dati elettrici di tensione

- Tensione a circuito aperto Voc: 45,9 V;
- Tensione alla massima potenza Vmp: 38,1 V;
- Coefficiente di temperatura della Voc: -0,25%/°C;

i valori riportati si riferiscono a misure eseguiti in condizioni di test standard (Standard Test Condition), ovvero:

- Irraggiamento: 1000W/m²;
- Temperatura della cella: 25°C;
- Air Mass: 1.5;

Occorre evidenziare che il fattore che più di tutti influenza il comportamento, e quindi la producibilità, di un modulo fotovoltaico è la temperatura. In linea di massima le prestazioni di qualunque modulo fotovoltaico, e quindi di qualunque impianto, decrescono all'aumentare della temperatura, ovvero l'impianto produrrà meno quando la temperatura atmosferica (e quindi quella di lavoro delle celle) è più elevata. Tra tutti i parametri elettrici coinvolti in questo fenomeno di derating per temperatura, la tensione rappresenta quello che subisce le maggiori oscillazioni, in particolare, un aumento della temperatura corrisponde un decremento della tensione nominale, come evidenziato dal coefficiente di temperatura del modulo che presenta un segno negativo. Di conseguenza, il valore massimo di tensione si raggiunge quando la temperatura atmosferica è al minimo. Per questo motivo il matching dei valori della tensione di esercizio e della tensione limite dell'inverter ha importanza vitale per il corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico.

Dal punto di vista progettuale si considera come range di temperatura della cella l'intervallo compreso tra -10°C e +60°C.

Per l'impianto in esame si è scelto di realizzare stringhe di lunghezza 28 moduli.

Il valore della tensione di stringa (28 moduli), in qualunque condizione ambientale considerata, non supera mai il valore limite di sistema individuato a 1500 V.

Il valore di tensione V_{oc} calcolato alla temperatura minima di progetto (@-10°C) vale 1.397,66 V. Gli inverter individuati per lo sviluppo dei progetti in oggetto sono di marca Huawei modello SUN2000-300KTL-H1, come si evince dalla tabella di seguito riportata i valori di tensione assunti dalle stringhe sono compatibili con i valori limite di funzionamento degli inverter:

DESCRIZIONE GRANDEZZA ELETTRICA	SUN2000-330KTL
MPP range voltage Vdc (@25°C)	500 to 1500
Start voltage Vdc	550
MAX input voltage Vdc	1.500
Nominal input voltage Vdc	1.080

- MPP range voltage Vdc (@25°C): rappresenta l'intervallo di tensione di funzionamento del dispositivo MPP, inseguitore del punto di massima potenza;
- Start voltage Vdc: rappresenta il valore di tensione in corrispondenza del quale l'impianto fotovoltaico si mette in funzione al mattino;
- MAX input voltage Vdc: valore limite della tensione in ingresso;
- Nominal input voltage Vdc: valore di tensione nominale in ingresso.

6 ARCHITETTURA DEL SISTEMA

Come è noto, la tecnologia fotovoltaica consente la conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica, tale conversione avviene per mezzo delle celle fotovoltaiche che devono essere collegate elettricamente tra loro, in serie e paralleli, andando a formare i moduli fotovoltaici, i quali dovranno essere esposti, per quanto, possibile perpendicolarmente alla radiazione solare al fine di massimizzare la produzione energetica. I moduli fotovoltaici possono essere utilizzati sia singolarmente (per caricare ad esempio una semplice batteria) che collegati tra loro in serie e paralleli così da formare stringhe e campi fotovoltaici.

L'architettura degli impianti fotovoltaici utility scale (centrali fotovoltaiche) comprende tutti gli elementi in cui è possibile suddividere un impianto:

MODULO → STRINGA → INVERTER → SOTTOCAMPO → CAMPO.

Per l'impianto in esame, 28 moduli saranno collegati in serie a formare una stringa ognuna delle quali sarà collegata direttamente ad un inverter, ciascun inverter può ricevere al massimo 28 stringhe in ingresso ma nello specifico caso in esame il numero di stringhe in ingresso a ciascun inverter saranno 18 oppure 19 per limitare il valore della potenza in ingresso a ciascun convertitore ad un limite accettabile per la macchina.

Ogni blocco di 18 oppure 19 stringhe collegate al medesimo inverter costituiscono un blocco operativo denominato per comodità blocco inverter.

Ciascun inverter sarà poi collegato in uscita al quadro di bassa tensione di una Power Station (stazione di trasformazione AT/BT) ed andrà a formare un sottocampo, infine, tutti i sottocampi saranno collegati al quadro media tensione posto nella Cabina Utente a definire l'intero campo fotovoltaico (agrovoltaiico in questo caso).

DENOMINAZIONE IMPIANTO	Musei e Villamassargia
NUMERO MODULI	95.396
NUMERO STRINGHE	3.407
NUMERO BLOCCHI INVERTER	183
NUMERO SOTTOCAMPI	16

Di seguito si riporta il dettaglio degli elementi in campo per ciascun sottocampo costituente l'impianto

SOTTOCAMPO 1 – POWER STATION 1	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	6.356
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	227
Potenza totale di picco (kW)	4.194,96
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

SOTTOCAMPO 2 – POWER STATION 2	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	6.188
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	221
Potenza totale di picco (kW)	4.084,08
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

SOTTOCAMPO 3 – POWER STATION 3	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	5.768
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	206
Potenza totale di picco (kW)	3.806,88
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	11
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.620,2

SOTTOCAMPO 4 – POWER STATION 4	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	6.272
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	224
Potenza totale di picco (kW)	4.139,52
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

SOTTOCAMPO 5 – POWER STATION 5	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	5.880
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	210
Potenza totale di picco (kW)	3.880,8
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	11
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.620,2

SOTTOCAMPO 6 – POWER STATION 6	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	6.160
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	220
Potenza totale di picco (kW)	4.065,60
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

SOTTOCAMPO 7 – POWER STATION 7	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	5.628
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	201
Potenza totale di picco (kW)	3.714,48
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	11
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.620,2

SOTTOCAMPO 8 – POWER STATION 8	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	5.684
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	203
Potenza totale di picco (kW)	3.751,44
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	11
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.620,2

SOTTOCAMPO 9 – POWER STATION 9	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	5.712
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	204
Potenza totale di picco (kW)	3.769,92
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	11
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.620,2

SOTTOCAMPO 10 – POWER STATION 10	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	5.208
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	186
Potenza totale di picco (kW)	3.437,28
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	10
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.382

SOTTOCAMPO 11 – POWER STATION 11	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	5.320
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	190
Potenza totale di picco (kW)	3.511,2
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	10
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2

Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.382

SOTTOCAMPO 12 – POWER STATION 12	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	6.328
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	226
Potenza totale di picco (kW)	4.176,48
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

SOTTOCAMPO 13 – POWER STATION 13	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	6.328
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	226
Potenza totale di picco (kW)	4.176,48
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

SOTTOCAMPO 14 – POWER STATION 14	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	6.272
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	224
Potenza totale di picco (kW)	4.139,52
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

SOTTOCAMPO 15 – POWER STATION 15	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	6.384
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	228
Potenza totale di picco (kW)	4.213,44
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12

Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

SOTTOCAMPO 16 – POWER STATION 16	
N° pannelli totali (Trina Solar 660W)	5.908
N° moduli in serie (stringa)	28
N° stringhe	211
Potenza totale di picco (kW)	3.899,28
N° di inverter (HWI SUN2000-330KTL – 300kW)	12
Tensione alla max potenza @STC (Vmp) [V]	1.066,8
Tensione a vuoto @STC (Voc) [V]	1.285,2
Corrente massima di uscita inverter @STC (Imax) [A]	238,2
Corrente massima in ingresso trafo MT/BT @STC	2.858,4

7 PRESTAZIONI DEL SISTEMA

Se il corretto dimensionamento delle stringhe in funzione dei parametri elettrici dell'inverter determina il corretto funzionamento elettrico del sistema, un altro aspetto progettuale di importanza primaria che determina invece l'aspetto prestazionale dell'impianto è quello legato alla scelta delle potenze in gioco.

Infatti, in riferimento alla superficie disponibile per l'installazione del generatore fotovoltaico, è particolarmente importante la definizione della potenza di picco dell'impianto (quindi lato DC) e quella nominale di connessione alla RTN (quindi lato AC)

Tali valori definiscono un parametro molto importante per il dimensionamento dell'impianto, il rapporto DC/AC. L'importanza di questo parametro risiede nel fatto che da esso dipende il valore del PR cioè il Performance Ratio, esso rappresenta un parametro adimensionale che definisce le prestazioni assolute di un impianto fotovoltaico. Grazie a tale parametro le performance di impianti di potenze diverse, realizzati in luoghi diversi, possono essere confrontate in modo attendibile e assoluto.

DENOMINAZIONE IMPIANTO	Musei e Villamassargia
TOTALE MODULI INSTALLATI	95.396
POTENZA PICCO IMPIANTO DC (kW)	62.961,36
POTENZA NOMINALE AC (kW)	54.872,88
DC/AC medio %	114,74

In linea generale al diminuire del rapporto DC/AC il valore del PR aumenta, tuttavia, ci sarà un limite minimo oltre il quale l'incremento del PR non sarà più così apprezzabile. La scelta di tali valori deve anche tener presente aspetti economici non secondari a quelli tecnici, infatti, a valori decrescenti del

rapporto DC/AC corrispondono costi CAPEX (legati all'investimento iniziale) sempre più elevati. I valori DC/AC indicati in tabella rappresentano il compromesso migliore possibile per le installazioni in oggetto. Inoltre, il costruttore degli inverter garantisce l'efficienza della conversione DC/AC per valori del suddetto rapporto molto superiori a quelli stabiliti per il progetto in oggetto. Il valore di Performance Ratio calcolato per il presente progetto è di 87,44% a fronte di una producibilità annua stimata di 114.679,282 kWh.

8 PITCH E OMBREGGIAMENTO

Per lo sviluppo dell'impianto agrovoltaiico si farà ricorso a strutture costituite da inseguitori solari (tracker) di tipo monoassiale avente orientamento Nord – Sud e angolo di tilt pari a 0° (ovvero che segue l'andamento del terreno). In pratica l'asse di rotazione delle strutture sarà parallelo al terreno e i moduli saranno liberi di ruotare attorno ad esso fino ad un'angolazione massima di ±55° in direzione Est-Ovest. I moduli fotovoltaici saranno installati in fila doppia, configurazione 2xP, e si prevede di sfruttare una doppia modularità composta da strutture con due stringhe (2V28 – 56 moduli) e a singola stringa (2V14 – 28 moduli).

Come indicato più volte nel corso di tutta la documentazione progettuale allegata alla richiesta di autorizzazione alla costruzione ed esercizio dell'impianto, il rendimento e la produttività dipende da numerosi fattori, tra questi riveste un ruolo sicuramente notevole il posizionamento in campo delle strutture. Tale aspetto è inerente al fatto che le strutture devono essere posizionate a terra in modo tale da non provocare ombreggiamenti reciproci o mismatch di esposizione.

A tal fine il corretto dimensionamento dell'impianto non può prescindere dalla definizione del parametro di pitch, cioè la distanza minima a cui ciascuna struttura deve essere installata per evitare ombreggiamento sui pannelli, ovvero l'interasse di installazione delle strutture.

Come specificato, tutte le strutture saranno orientate perfettamente a sud con angolo di tilt di 20, per minimizzare gli ombreggiamenti tra i pannelli, la distanza tra le file deve essere necessariamente maggiore di:

$$D = L \cos \beta (1 + \tan \beta / \tan \theta)$$

Essendo:

β (inclinazione dei moduli rispetto al piano orizzontale) = 55° se consideriamo il caso peggiore corrispondente alla massima inclinazione est-ovest;

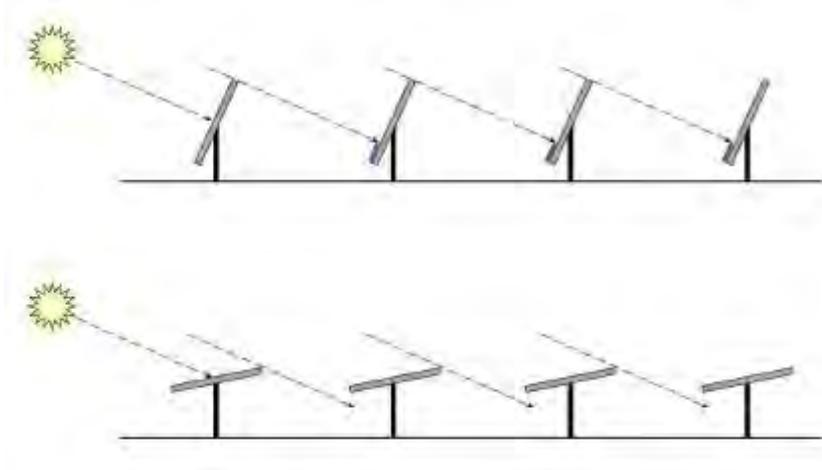
θ (elevazione del sole sull'orizzonte a mezzogiorno del 21 dicembre) = 90° - lat. - 23,4°;

Viene considerata l'elevazione del sole a mezzogiorno del 21 dicembre in quanto è il giorno dell'anno in cui il sole, alla latitudine considerata, è più basso all'orizzonte.

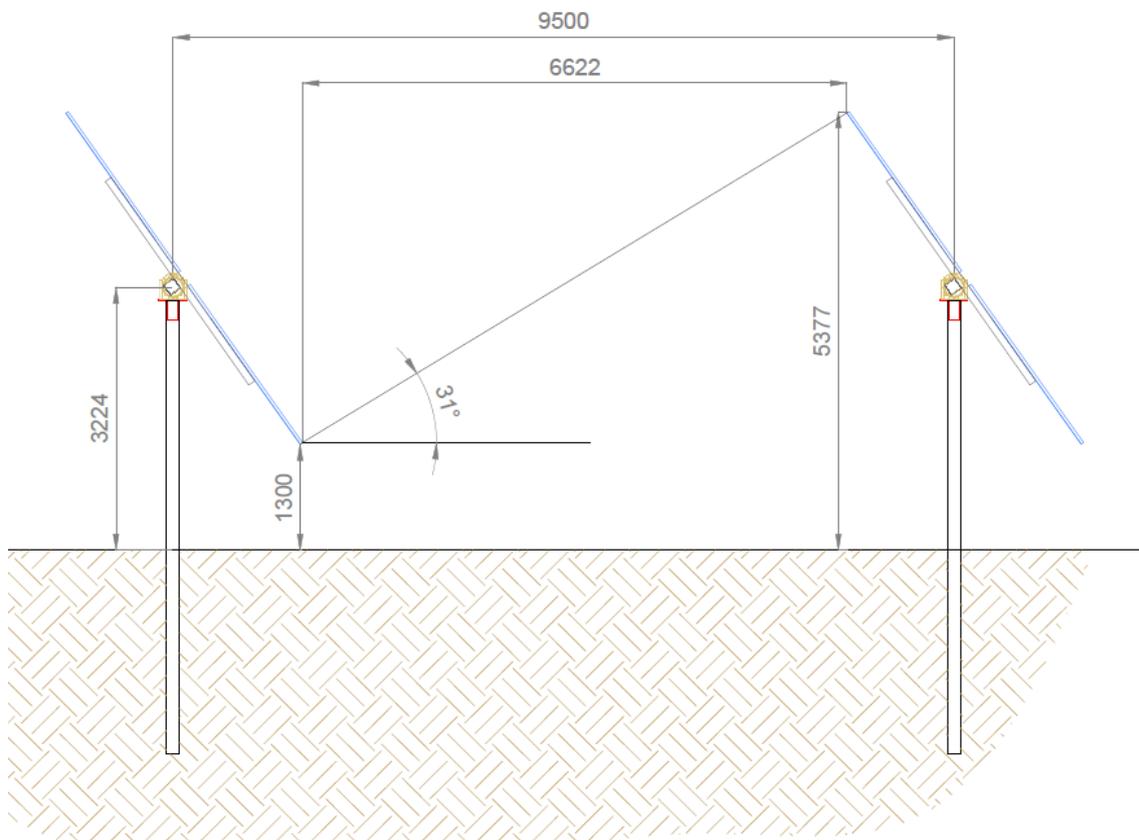
Per lo sviluppo dell'impianto in esame, vagliati gli aspetti tecnici ed economici del caso, il valore di pitch è stato scelto pari a 9,5 metri, questo si traduce in un angolo di ombreggiamento di 31° in corrispondenza della massima inclinazione dei tracker (55°). Anche se il valore limite di ombreggiamento, calcolato secondo la formula precedente, è di 11 m la tecnologia fotovoltaica ci consente mediante l'utilizzo di un algoritmo di backtracking di limitare le perdite di produzione per ombreggiamenti reciproci tra le file dei pannelli.

Il sistema di backtracking controlla e garantisce che una serie di pannelli non ombreggi altri pannelli

adiacenti. Quando l'angolo di elevazione del sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata, auto-ombreggiatura tra i tracker righe potrebbero potenzialmente ridurre l'output del sistema.



Il backtracking ruota l'apertura della matrice allontanandola dal Sole, eliminando gli effetti deleteri dell'auto-ombreggiatura e massimizzare il rapporto di copertura del suolo. Grazie a questa caratteristica l'interasse tra i vari le stringhe possono essere ridotte. Pertanto, l'intero impianto agrovoltaico occupa meno terreno rispetto a quelli che utilizzano soluzioni di tracciamento simili.



DENOMINAZIONE IMPIANTO	Musei e Villamassargia
NUMERO TRACKER 2V28 (56)	1.522
NUMERO TRACKER 2V14 (28)	363

9 IL SISTEMA ELETTRICO

L'impianto elettrico associato ad un impianto fotovoltaico viene definito e caratterizzato in funzione della parte di impianto a cui ci si riferisce e più in particolare dal valore della sua tensione nominale. In pratica l'impianto può essere suddiviso in tre livelli definibili a partire dal valore della tensione di riferimento ognuno dei quali presenterà componenti elettrici diversi dagli altri e assolutamente specifici al livello di appartenenza.

I tre livelli sono:

- Livello 1: bassa tensione in corrente continua;
- Livello 2: bassa tensione in corrente alternata
- Livello 3 alta tensione in corrente alternata

Il primo livello si riferisce al generatore fotovoltaico, cioè a tutte le componenti impiantistiche situate a monte (secondo il verso della corrente) degli inverter, esso è caratterizzato da un valore nominale di tensione che si aggira attorno a 1000V in corrente continua.

Possano essere inquadrati in questo livello i moduli fotovoltaici e i cavi elettrici di collegamento.

Il secondo livello si riferisce alle componenti impiantistiche che si trovano tra gli inverter e il trasformatore di tensione AT/BT collocato all'interno delle Power Station, esso è caratterizzato da un valore nominale di tensione di 800V in corrente alternata.

Fanno parte di questo secondo livello, gli inverter (uscita) i cavi elettrici di collegamento con la Power Station e il quadro elettrico di parallelo che "raccoglie" i circuiti provenienti dagli inverter e ne fa il parallelo per presentarlo in ingresso al trasformatore AT/BT.

In questo secondo livello possono essere inquadrati anche le componenti di impianto non strettamente legate alla produzione di energia ma facenti parte degli apparati ausiliari e che svolgono comunque un ruolo fondamentale per il corretto esercizio del sistema. Tra questi ci sono gli impianti di illuminazione perimetrale, videosorveglianza e monitoraggio tutti eserciti in bassa tensione a 400V

Il terzo, ed ultimo livello, si riferisce alle componenti impiantistiche in uscita dai trasformatori di media tensione delle Power Station e che si collegano, in ultima analisi, al punto di connessione con la RTN, esso è caratterizzato da un valore di tensione nominale di 36 kV.

Fanno parte di questo terzo livello, i trasformatori AT/BT, i quadri di alta tensione installati nelle Power Station, i cavi di collegamento e i quadri di alta tensione delle Cabine Utente

9.1 LIVELLO 1: BASSA TENSIONE CORRENTE CONTINUA

9.1.1 COLLEGAMENTI ELETTRICI

Avendo già analizzato il componente modulo fotovoltaico, di seguito, ci si focalizzerà sul collegamento di ciascuna stringa al relativo inverter.

Per la realizzazione di tali connessioni saranno utilizzati cavi idonei all'applicazioni in impianti di produzione di energia aventi sigla di designazione H1Z2Z2-K e sezione uniforme pari a 6 mm², tali cavi avranno guaina esterna di colore rosso per il polo positivo e nera per il polo negativo.

La posa di tali cavi sarà interrata in cavidotto per i transiti est-ovest mentre per quelli lungo la direttrice nord-sud saranno fissati direttamente sulle strutture e quindi in aria libera.

Di seguito si riporta la scheda tecnica dei cavi associata ad un produttore specifico ma le caratteristiche tecniche non variano da un produttore ad un altro.



H1Z2Z2-K
SOLAR ENERGY CPR Eca

CAVI UNIPOLARI FLESSIBILI CON TENSIONE NOMINALE MASSIMA 1800Vcc PER IMPIANTI FOTOVOLTAICI E SOLARI CON ISOLANTI E GUAINA IN MESCOLA RETICOLATA SENZA ALOGENI LSOH TESTATO PER DURARE PIU' DI 25 ANNI QUESTI CAVI POSSONO ESSERE USATI FINO A 1800Vcc VERSO TERRA.
SINGLE CORE FLEXIBLE CABLES, SUITED FOR PHOTOVOLTAIC AND SOLAR SYSTEM WITH CROSSLINKED POLYMER LSOH INSULATION AND HALOGEN FREE SHEATH. TESTED FOR MORE 25 YEARS LONG LIFE. THESE CABLES CAN BE USED UP 1800 Vcc TO EARTH



Model Product: 395 - 20210331

(Conforme alla direttiva BT 2014/35/UE - Direttiva 2011/65/EU (RoHS 3))

(Accordingly to the standards BT 2014/35/UE- 2011/65/EU (RoHS 3))

Norme di riferimento

Standards

CEI EN 50618
EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016



Isolamento mescola speciale reticolata LSOH Guaina mescola speciale reticolata Senza Alogeni Conduttore a corda flessibile classe 5 di rame STAGNATO ricotto.	LSOH special compound isolation reticulated Halogen Free Sheath cross-linked special compound Flexible conductor TINNED copper, class 5.
---	--

Tensione nominale U0	1000V(AC) 1500V(DC)	Nominal voltage U0
Tensione nominale U	1000V(AC) 1500V(DC)	Nominal voltage U
Tensione di prova	6500 V AC	Test voltage
Tensione massima Um	1200V(AC) 1800V(DC Anche verso Terra)	Maximum voltage Um
Temperatura massima di esercizio	+90°C +120°C sul conduttore	Maximum operating temperature
Temperatura massima di corto circuito	+250°C/5s	Maximum short circuit temperature
Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)	-40°C	Min. operating temperature (without mechanical shocks)
Temperatura minima di installazione e maneggio	-40°C to +90°C	Minimum installation and use temperature

Condizioni di impiego piu comuni
 Per vari elementi degli impianti fotovoltaici. Per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate oppure in sistemi chiusi similari Conformi alla CPR. Resistenti all'ozono secondo EN 50396. Resistenti ai raggi UV secondo HD605/A1. Cavo testato per durare nel tempo secondo la EN 60216 Interpretazione norma Temperatura in uso continuo 120°C per 20.000 h (=2,3 anni) temperatura in uso continuo 90°C (=30 anni). Adatti anche per posa interrata diretta o indiretta, in ambienti esterni.
 SPECIAL FEATURES:
 Water resistant AD8 as per CEI EN 50525-2-21

Condizioni di posa
 Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):
 Diametro 8 12 20 >20
 Terminali 2D 3D 4D 4D
 Fisso 3D 3D 4D 4D
 Sforzo massimo di tiro:
 Massimo sforzo di tiro: 15N/mm²;
Imballo
 Matasse da 100 mt. in involucri termoretraibili o bobina con metrature da definire in fase di ordine
Colori anime
 Unipolare: Neutro
Colori guaina
 Nero, Rosso, Blu
Marcatura ad inchiostro
 GENERAL CAVI -Eca- IEMMEQU -<HAR> H1Z2Z2-K anno costruzione metratura progressiva

Common features
 For the interconnection of the various elements of photovoltaic systems, suitable for fixed installations outside and inside, unprotected pipes within sight or cased out, or similar closed system CPR approved. Ozone-resistant according to EN50396. UV-res is tant according to HD605/A1. The cable is tested for durability according to EN 60216 (indicated also in 2P fig 169/08.2007)S tandard interpretation under continuous use temperature 120°C for 20000h (= 2.3, years) continuous use temperature 90°C (= 30 years For direct or indirect underground wiring. Power and control use outdoor applications.
 SPECIAL FEATURES:
 Water resistant AD8 as per CEI EN 50525-2-21

Employment
 Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):
 Diameter 8 12 20 > 20
 Terminal 2D 3D 4D 4D
 Fixed 3D 3D 4D 4D
 Maximum pulling stress:
 Maximum tensile load: 15N/mm²;
Packing
 100mt. rings in thermo foil or drums with quality to agree.
Core colours
 Single core: Light-Grey
Sheath colour
 Black, Red, Blue
Ink marking
 GENERAL CAVI- Eca - IEMMEQU - <HAR> H1Z2Z2-K YEAR progressive length.

general CQVI s.p.a.		H1Z2Z2-K SOLAR ENERGY CPR Eca		H1Z2Z2-K		 Model Product: 395 - 20210331		
Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro esterno Massimo	Peso indicativo del cavo	Resistenza elettrica a 20°C	Portata di Corrente ammissibile a 60°C	Portate di corrente In CC interrato a 20°C
Cores number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Insulation medium thickness	Maximum external diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities 60°C	Current carrying buried 20°C
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)
Unipolare / Single core								
1x	2.5	2.0	0.7	5.4	42.5	8.21	41	32
1x	4 #	2.5	0.7	6.6	58.2	5.09	55	41
1x	6 #	3.0	0.7	7.4	79.4	3.39	70	52
1x	10 #	3.9	0.7	8.8	128.4	1.95	98	70
1x	16 #	5.0	0.7	10.1	184.5	1.24	132	91
1x	25	6.4	0.9	12.5	276.8	0.795	176	118
1x	35	7.7	0.9	14.0	368.8	0.565	218	144
1x	50	9.2	1.0	16.3	557	0.393	276	178
1x	70	11.0	1.1	18.7	767	0.277	347	218
1x	95	12.5	1.1	20.8	989.6	0.210	416	258
1x	120	14.2	1.2	22.8	1232.8	0.164	488	298
1x	150	15.8	1.4	25.5	1540	0.132	566	386
1x	185	17.5	1.6	28.5	1833	0.108	644	515
1x	240	20.1	1.7	32.1	2450	0.0817	775	620

Come detto, per i passaggi est-ovest, se ne prevede la posa interrata in cavidotti flessibili doppia parete aventi resistenza minima allo schiacciamento non inferiore a 450 N, essi raccolgono i cavi di ciascuna stringa fino ad arrivare all'inverter del blocco di appartenenza, è previsto che venga posato un cavidotto di diametro 63 mm per ciascun tracker ovvero ciascuna struttura sarà collegata direttamente all'inverter di riferimento mediante un cavidotto dedicato all'interno del quale si troveranno solamente i cavi delle stringhe installate sul tracker stesso e sui tracker a nord o sud le cui stringhe sono collegate al medesimo inverter. Non è prevista la posa di pozzetti interrati.

Poiché il loro tracciato non interessa zone sottoposte al transito veicolare, i cavidotti saranno interrati ad una profondità di circa 50cm e posati direttamente nella trincea ricoperti con il terreno di risulta. Qualora durante gli scavi dovessero emergere condizioni di posa (rocce o simili) che possano danneggiare o compromettere l'integrità e la funzionalità sarà necessario realizzare preventivamente un letto di posa e un rinterro opportunamente compattato con sabbia. All'interno di un singolo cavidotto potranno essere posati al massimo 6 circuiti (stringhe).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche delle tubazioni da impiegare:

- Materiale: Polietilene ad alta densità, sia la parte corrugata esterna che la parte liscia interna, stabilizzato ai raggi UV;
- Impiego: destinati alla protezione di cavi nelle installazioni elettriche interrate;
- Resistenza allo schiacciamento: $\geq 450\text{N}/5\text{cm}$;
- Campo di temperatura: da -50°C a 60°C ;
- Rigidezza dielettrica: $> 800\text{KV}/\text{cm}$;
- Resistenza elettrica di isolamento: $> 100\text{mOhm}$;
- Raggio di curvatura: > 15 volte il d.mm. esterno;
- Certificazione: certificato IMQ secondo norme CEI EN 50086-1 50086-2-4;

9.2 LIVELLO 2: BASSA TENSIONE CORRENTE ALTERNATA

9.2.1 COLLEGAMENTI ELETTRICI

Come indicato è possibile inquadrare in questo livello di sistema i collegamenti tra ciascun inverter e il trasformatore AT/BT nella Power Station, previo parallelo tra gli inverter eseguito all'interno del quadro di bassa tensione della medesima stazione.

I cavi di collegamento Inverter-Power Station saranno posizionati direttamente nello scavo senza l'ausilio di cavidotti (posa diretta) ad una profondità di 80 cm dal piano campagna. In tal caso, sarà necessario procedere alla preparazione del piano di posa per i cavi mediante la stesura di uno strato di sabbia fine che dovrà poi coprire completamente i cavi stessi.

Più circuiti potranno essere posizionati all'interno della medesima trincea ma i cavi relativi (posati a trifoglio) dovranno essere distanziati non meno di 25 cm l'uno dall'altro.

I cavi individuati per il collegamento sono in alluminio idonei alla posa fissa interrata, sigla di designazione ARG16R16, di varia sezione in funzione portata e della caduta di tensione. Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche e di posa:



ARG16R16 0,6/1KV

CPR Cca-s3,d1,a3

Cavi CPR Rigidi in ALLUMINIO unipolari per posa fissa, isolati in HEPR di qualità G16
CPR Cables rigid aluminum for fixed installations, isolated HEPR G16 quality,



Model Product: P98 - 20210608

(Conforme alla direttiva BT 2014/35/UE - Direttiva 2011/65/EU (RoHS 3))

(Accordingly to the standards BT 2014/35/UE- 2011/65/EU (RoHS 3))

Norme di riferimento

CEI 20-13 IEC 60502
 EN 50575:2014+A1:2016 EN 60332-1-2 EN 50399 EN 60754-2 EN 13501-6

Standards



Conduttore a corda rigida di ALLUMINIO, classe 2. Isolamento in HEPR di qualità G16 Guaina in mescola termoplastica tipo R16	Aluminium rigid compact conductor, class 2. Elastomeric mixture insulation (G16 quality). Outer Sheath PVC R16 type.
--	--

<i>Tensione nominale U0</i>	600V(AC) 1800V(DC)	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	1000V(AC) 1800V(DC)	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Tensione di prova</i>	4000 V	<i>Test voltage</i>
<i>Tensione massima Um</i>	1200V(AC) 1800V(DC)	<i>Maximum voltage Um</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	+90°C	<i>Maximum operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito</i>	+250°C	<i>Maximum short circuit temperature</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

Condizioni di impiego piu comuni

Per trasporto di energia in ambienti interni o esterni anche bagnati. Adatti per l'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di Ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e fumo, conformi al Regolamento CPR. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa. Adatti anche per posa interrata diretta o indiretta. Buon comportamento alle basse temperature. Resistente ai raggi UV.

Condizioni di posa

Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):
 6D
Sforzo massimo di tiro:
 50 N/mm²

Imballo

Bobina con metrature da definire in fase di ordine.

Colori anime

Unipolare: Nero

Colori guaina

Grigio

Marcatura ad inchiostro

GENERALCAVI Cca-s3,d1,a3 - anno - ARG16R16 - 0,6/1 kV - form x sez. - ordine lavoro interno - metratura progressiva

Common features

Power use outdoor and indoor applications, even wet. For electrical power system in constructions and other civil engineering bulginngs, in order to limit fire and smoke production and spread, in accordance with the CPR. Suitable for fixed installations at open air, in tube or canals, masonry, metals structures, overhead wire and for direct or indirect underground wiring. Good behavior at low temperatures. UV resistant

Employment

Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):
 6D
Maximum pulling stress:
 50 N/mm²

Packing

Drums to agree.

Core colours

Single core: black

Sheath colour

Grey

Ink marking

GENERALCAVI -Cca-s3,d1,a3 - year - ARG16R16-0,61/kV - form x sect. - inner work order - progressive length



Formazione	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Diametro esterno massimo	Peso indicativo del cavo	Resistenza elettrica a 20°C	Portata di Corrente a 30°C		Portate di corrente interrato a 20°C		Raggio minimo curvatura
								In aria	In tubo	Diretto	In tubo	
Formation	Nominal Section	Approx cond. diameter	Insulation medium thickness	Med. sheath thickness	Maximum external diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities 30°C		Current carrying buried 20°C		Minimum radius bending
								Flat in air	In pipe	direct	In pipe	
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)	(A)	(A)	(mm)
Unipolare / Single core												
1x	10	4.0	0.7	1.4	8.0	135	3.08	62	51	53	46	54
1x	16	4.8	0.7	1.4	10.0	150	1.91	70	64	89	70	60
1x	25	6.0	0.9	1.4	11.7	185	1.20	102	88	110	95	66
1x	35	7.0	0.9	1.4	12.60	220	0.868	132	112	120	106	75
1x	50	8.2	1.0	1.4	14.00	250	0.641	161	137	135	117	84
1x	70	9.8	1.1	1.4	16.00	340	0.443	209	173	166	144	96
1x	95	11.5	1.1	1.5	18.00	440	0.320	256	210	195	170	105
1x	120	13.1	1.2	1.5	19.80	505	0.253	299	243	226	196	117
1x	150	14.3	1.4	1.6	21.80	625	0.206	346	277	258	224	129
1x	185	16.1	1.6	1.6	24.00	753	0.164	398	325	289	252	144
1x	240	18.5	1.7	1.7	26.90	977	0.125	473	382	340	296	162
1x	300	20.7	1.8	1.8	30.00	1200	0.100	548	—	385	335	177
1x	400	23.5	2.0	1.9	33.45	1488	0.0778	642	—	449	390	201
1x	500	26.5	2.2	2.0	37.60	1866	0.0605	738	—	507	441	225

Da evidenziare che la tensione nominale di isolamento (terra/fase) in corrente alternata è pari a 0,6/1 kV, tuttavia, essendo il sistema in corrente continua tali valori si elevano fino a 1,8/1,8 kV, come evidenziato anche nella scheda tecnica fornita dal costruttore (General Cavi), pertanto, risultano idonei all'applicazione in oggetto.

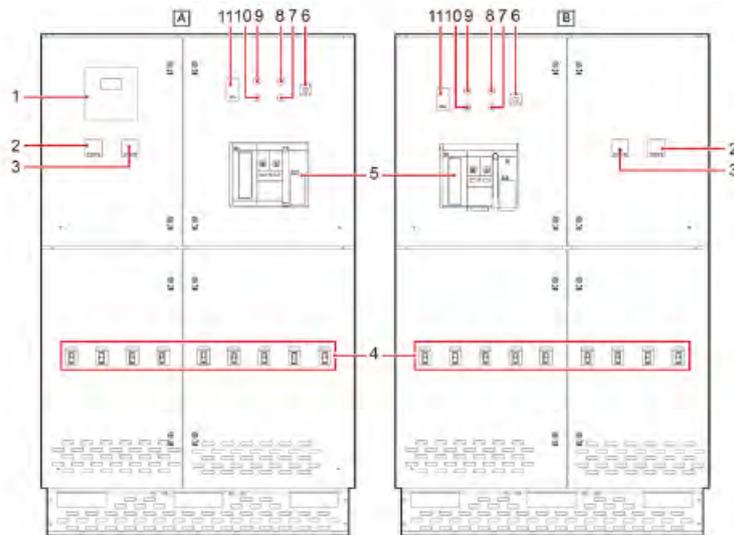
9.2.2 QUADRO DI PARALLELO AC IN POWER STATION

Il quadro di parallelo AC sarà installato all'interno di ciascuna Power Station con l'obbiettivo di raccogliere tutti circuiti provenienti dagli inverter che si trovano nel medesimo sottocampo e farne il parallelo. Dopodichè, il parallelo stesso sarà attestato sui coduli di bassa tensione del trasformatore AT/BT da 3.750 kVA posto anch'esso all'interno della Power Station.

Ai fini della sicurezza, il suddetto quadro andrà ad occupare uno spazio ben definito e delimitato della cabina proprio per separarlo da elementi a tensioni diverse.

Il quadro elettrico prevede l'installazione di interruttori automatici in ingresso dove saranno attestate le uscite dei dieci inverter e sarà completato dall'interruttore generale, anch'esso automatico, e dagli organi di protezione e manovra per i componenti ausiliari di cabina.

Di seguito si riporta un'immagine del fronte quadro in cui sono evidenziati gli interruttori di ingresso dagli inverter (4) e gli interruttori di parallelo (5). Inoltre, sarà rispondente a tutte le normative tecniche applicabili come CEI EN 60947 per gli interruttori e CEI EN 60439 per il quadro.



QUADRI ELETTRICI PER SERVIZI DI CAMPO

Nel presente progetto è stata prevista l'installazione dei seguenti quadri in bassa tensione:

- QGBT – Quadro elettrico Generale Bassa Tensione che sarà installato all'interno delle Cabina di Utente
- QGS – Quadro elettrico generale servizi che sarà installato all'interno della Control Room

I quadri elettrici saranno realizzati in osservanza di quanto previsto dalla normativa CEI EN 60439-1 (17-13/1) "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)".

Saranno adatti all'ambiente in cui sono alloggiati e, in base alla funzione, risponderanno almeno ai criteri principali definiti di seguito.

- Tutti gli interruttori avranno potere di interruzione atto a sopportare la massima corrente di corto circuito derivante da guasto franco; e pertanto non è consentita la protezione in back-up ad esclusione della sezione servizi ausiliari di cabina.
- Il potere di interruzione nominale degli interruttori è definito secondo EN 60947-2 - CEI 17-5 4.3.5.2.2 Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito (I_{cs}) e pertanto non saranno ritenuti idonei interruttori con potere di interruzione riferito al "potere di interruzione nominale estremo in cortocircuito (I_{cu})"
- Gli interruttori impiegati avranno caratteristiche di (I_{cs}) riferiti alla categoria di utilizzo "A"
- Nel dimensionamento e scelta dei componenti dell'impianto si dovrà tenere conto della totale selettività amperometrica e cronometrica sia per la protezione magnetotermica che differenziale.

Deroga a quanto sopra definito potrà essere prevista dalla Committente in casi particolari.

9.3 LIVELLO 3: ALTA TENSIONE CORRENTE CONTINUA

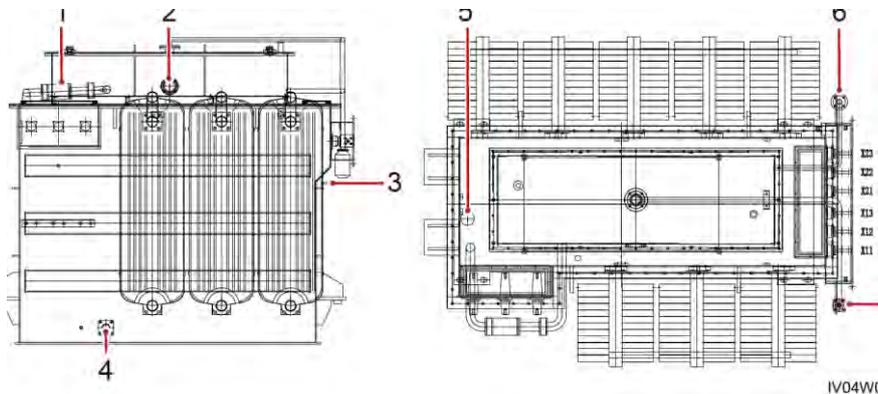
9.3.1 TRASFORMATORE AT/BT

Come più volte specificato la Power Station rappresenta la cabina di trasformazione di campo in cui l'energia in uscita dagli inverter a tensione 800 V viene trasformata e innalzata al valore di 36 kV rendendola di fatto utilizzabile dal sistema di distribuzione trasmissione.

Pertanto, l'apparecchiatura principale presente all'interno della Power Station è il trasformatore AT/BT che sono previsti con isolamento minerale (ONAN) e con una potenza nominale apparente di 3.750 kVA.

Di seguito si riportano in tabella le principali caratteristiche dei trasformatori di potenza previsti in campo:

		Primario	Secondario
Potenza nominale	3750 kVA		
Tipo di raffreddamento	ONAN		
Tensione nominale a vuoto		36000 V	800 V
Collegamento		TRIANGOLO	STELLA
Materiali avvolgimento		ALU/CU	ALU/CU
Gruppo vettoriale	DY11		
Frequenza	50 Hz		
Tensione di corto circuito	0		



I trasformatori saranno costruiti in base alle norme IEC 60076-13 (o anche altri standard se richiesto) e caratterizzati da un livello di efficienza definito dalla norma Ecodesign, norme EN 50588-1, fase 1 e fase 2. Il nucleo è costituito da lamierino magnetico a cristalli orientati con basso livello di perdite e di rumore, gli avvolgimenti saranno realizzati di norma con conduttori in rame elettrolitico, ampi canali, assicurano una perfetta circolazione dell'olio nelle bobine.

La cassa esterna della macchina elettrica sarà realizzata in esecuzione normale a radiatori o a onde, con verniciatura interna antiolio, esterna resistente agli agenti atmosferici. In versione con conservatore o stagna.

Isolatori: in porcellana bruna, conformi alle norme UNEL - DIN - ANSI ed altre se richiesto.

L'olio di primo riempimento è del tipo minerale naturale o preferibilmente di tipo vegetale biodegradabile FR3 secondo le norme IEC. È possibile anche il riempimento con liquido isolante ai

siliconi (olio siliconico).

Gli accessori standard di equipaggiamento della macchina saranno commutatore di tensione, conservatore, livello d'olio, saracinesche carico e scarico olio, dispositivo sfogo sovrappressioni interne, attacco essiccatore d'aria, pozzetto termometrico, morsetto di terra, golfari, ruote orientabili, targa dati.

Idonei per installazione sia interna che esterna.

9.3.2 COLLEGAMENTI ELETTRICI

Questi si riferiscono ai collegamenti tra le Power Station e le Cabine Utente ma anche al collegamento tra le Cabine Utente stesse e, infine, al collegamento in antenna verso la Stazione Elettrica dove è ubicato il punto di connessione, come riportato nella soluzione tecnica minima generale di connessione.

I collegamenti saranno eserciti alla tensione nominale di 36 kV e saranno realizzati mediante cavi posati direttamente in trincea senza l'ausilio di cavidotti di protezione. La profondità di posa è variabile a seconda di cui si riferisca a tracciati interni oppure esterni alla rete di delimitazione dell'impianto agrovoltaiico, in particolare, i cavi di media tensione all'interno dei confini del campo saranno posati ad una profondità di 120 cm mentre quelli esterni a 150 cm. Per quest'ultimi sarà necessario provvedere alla posa di opportuni accorgimenti di protezione meccanica e, in entrambi i casi, sarà necessario predisporre un piano di posa dei cavi mediante un letto di sabbia fine che andrà poi a ricoprire i cavi completamente.

I cavi individuati per la realizzazione delle connessioni in questione sono di tipo unipolare aventi sigla di designazione RG7H1R 26/45 kV (o similari), le sezioni dei cavi sono state individuate mediante un calcolo preliminare allegato al presente documento che ha tenuto conto del coordinamento delle correnti e il valore di perdite percentuali sulle linee analizzate.

Di seguito si riporta una scheda tecnica per i cavi di alta tensione



RG7H1R da 1,8/3kV a 26/45 kV (UNIPOLARI)

UNIPOLARI MEDIA TENSIONE
 MEDIUM VOLTAGE

Model Product: 701-705-710-713-716-724-730 - 20160412

Norme di riferimento

CEI 20-13, IEC 60502 CEI 20-16 CEI EN 60332-1-2 (IEC 60840 per 26/45 kV)

Standards



Conduttore rigido di rame rosso ricotto. Classe 2.
 Semiconduttore interno elastomerico estruso
 Isolamento in HEPR di qualità G7
 Semiconduttore esterno elastomerico estruso pelabile a freddo per il grado 1,8/3kV solo su richiesta
 Schermo costituito a fili di rame rosso
 Guaina PVC qualità RZ/ST2

Rigid class 2 red copper conductor.
 Inner semi-conducting layer
 HEPR Insulation in G7 quality
 Outer semi-conducting layer special high module hepr for 1.8 / 3 kV only on request
 Red copper wire shield.
 PVC sheath in RZ/ST2 quality

<i>Tensione nominale U0</i>	da 1,8kV a 26kV	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	da 3kV a 45kV	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	+90°C	<i>Maximum operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito</i>	+250°C	<i>Maximum short circuit temperature</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

Condizioni di impiego piu comuni

Adatti per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata anche non protetta.

Condizioni di posa

Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):
 12 D
 Sforzo massimo di tiro:
 60 N/mm

Imballo

Imballo e quantitativi minimi da definire in sede d'ordine

Colori anime

Unipolare: rosa
 Tripolare: rosa

Colori guaina

Rosso

Note

Nei cavi con tensione nominale di isolamento U₀ verso terra inferiore o uguale a 3,6 kV è ammessa l'omissione degli strati semiconduttori. I cavi di questa sezione possono essere forniti nella versione tripolare riuniti ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa RG7H1RX seguita dalla tensione nominale di esercizio.

A richiesta possono anche essere non propaganti l'incendio CEI 20-22 II

Common features

Suitable for the transport of energy between the substations and large users. For free-hanging, pipe or channel. Laying underground also not protected.

Employment

Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):
 12 D
 Maximum pulling stress:
 60 N/mm

Packing

Packaging and minimal quantity to agree

Core colours

Single core: pink
 Three cores: pink

Sheath colour

Red

Note

In cables with a rated voltage of U₀ insulation to lower ground or equal to 3.6 kV is allowed the omission of the semiconductor layers.

The wires in this section may be provided in the three-pole version stranded together. In this case, the model code becomes RG7H1RX followed by the voltage ratings.

A request may also be flame retardant CEI 20-22 II



RG7H1R da 1,8/3kV a 26/45 kV
 (UNIPOLARI)

Model Product: 701-705-710-713-716-724-730 - 20160412

ALTA TENSIONE U_o/U : 26/45 kV - U max : 52 kV (EX GRADO 67)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Unipolare / Single core						
1x	70	9.9	33.3	43.0	1990	550
1x	95	11.5	34.9	44.0	2300	580
1x	120	12.9	36.5	45.6	2630	585
1x	150	14.2	36.85	46.0	2790	590
1x	185	15.9	38.85	47.0	3200	610
1x	240	18.3	40.95	49.5	3820	650
1x	300	20.7	43.4	53.0	4640	690
1x	400	23.5	46.2	56.0	5430	730
1x	500	26.5	49.3	59.0	6600	770
1x	630	31.2	53.3	64.0	8200	850

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz		Reattanza di fase		Portata di corrente			
			A trifoglio	In piano	A trifoglio	In piano	In aria a trifoglio	In aria in Piano	Interrato a trifoglio	Interrato in piano
Formation	Electric Resistance 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz		Phase Reactance		Current carrying capacities			
			Trefoil formation	Flat	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation in air	Flat in air	Trefoil formation in ground	Flat in ground
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)	(A)	(A)
Unipolare / Single core										
1x70	0.268	0.15	0.342	0.342	0.15	0.21	280	315	255	260
1x95	0.193	0.16	0.246	0.246	0.14	0.20	340	380	300	310
1x120	0.153	0.18	0.196	0.196	0.14	0.20	395	440	355	365
1x150	0.124	0.20	0.159	0.158	0.13	0.19	445	495	385	395
1x185	0.0991	0.21	0.128	0.127	0.13	0.19	510	570	440	450
1x240	0.0754	0.23	0.0985	0.0972	0.12	0.18	600	665	510	520
1x300	0.0601	0.26	0.0797	0.0779	0.12	0.18	695	760	570	580
1x400	0.0470	0.28	0.0638	0.0616	0.11	0.17	800	875	650	655
1x500	0.0366	0.31	0.0517	0.0489	0.11	0.17	930	1010	735	740
1x630	0.0283	0.34	0.0425	0.0389	0.10	0.16	1070	1180	835	845

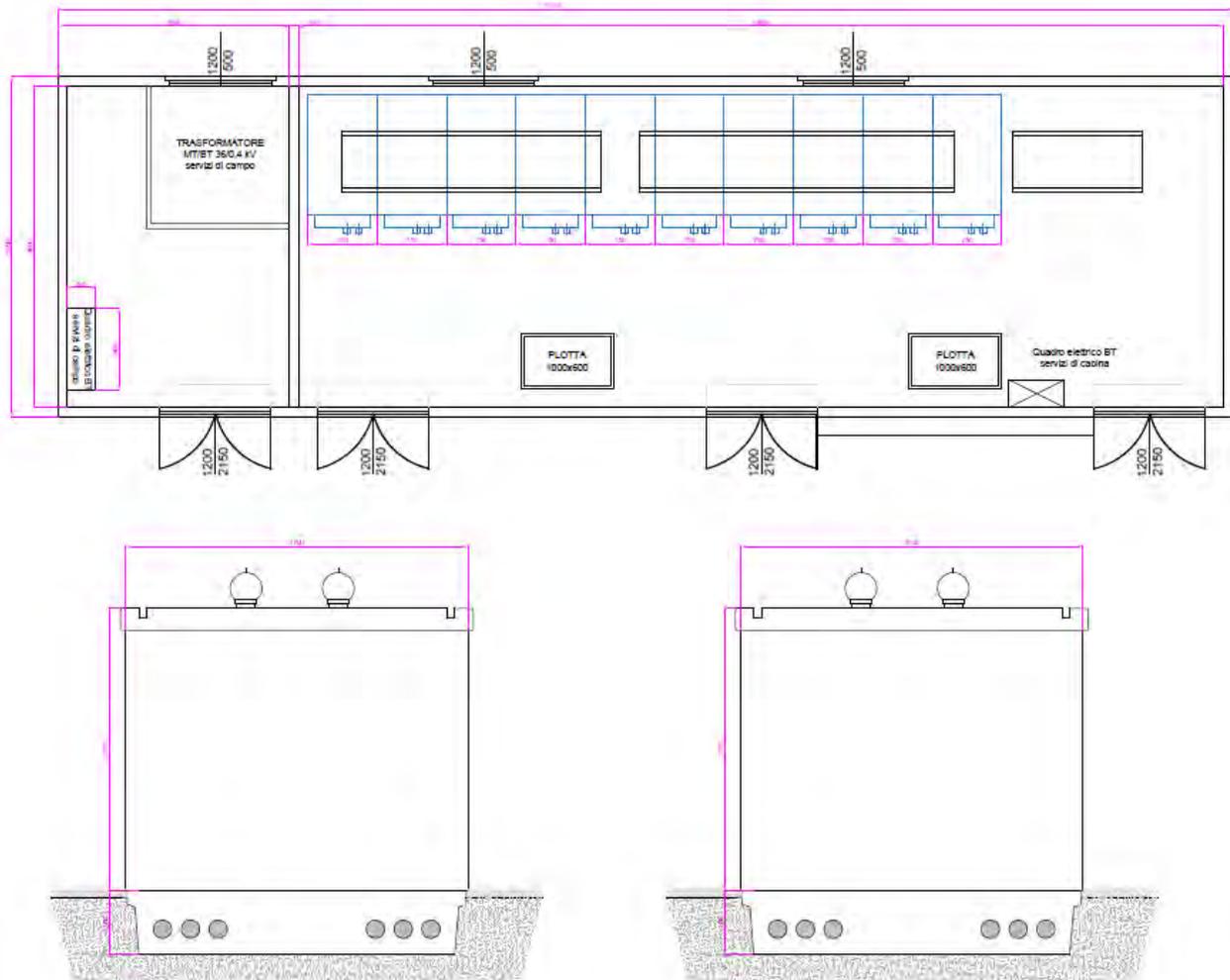
9.3.3 CABINA UTENTE

Data la dislocazione dell'impianto su zone separate e distanti tra loro il progetto prevede l'installazione di 3 Cabine Utente nelle quali effettuare il parallelo delle linee provenienti dalle Power Station di ciascuna zona al fine di gestire un'unica linea che ne rappresenti il parallelo.

La Cabina Utente n.1 installata nell'area di impianto 3.2 provvederà al parallelo delle linee provenienti dalle Power Station 1...6 oltre che quelle provenienti dalle Cabine Utente n.2 e 3, su questa Cabina è poi attestato il cavo di collegamento con il punto di connessione. Questa rappresenta l'interfaccia dell'intero impianto rispetto alla rete e al suo interno sarà alloggiato il relè di protezione di interfaccia (SPI) e il relè di protezione generale (SPG) oltre che i dispositivi di protezione e manovra ad essi associati e previsti dalla normativa tecnica per le connessioni CEI 0-16.

La Cabina Utente n.2 installata nell'area di impianto 6.4 provvederà al parallelo delle linee provenienti dalle Power Station 7...11 e infine la Cabina Utente n.3 installata nell'area di impianto 4.2 provvederà al parallelo delle Power Station 12...16.

A differenza delle Power Station le Cabine Utente saranno realizzate in calcestruzzo con pannelli componibili ed avranno dimensioni pari a 12700x3700x3075 mm



PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI E INDIRECTI

La protezione contro i contatti diretti sarà del tipo totale, in modo da impedire sia il contatto accidentale che quello volontario. Sarà posto in atto l'isolamento delle parti attive e l'uso di involucri (canali metallici e tubazioni in PVC installati a vista) con grado di protezione almeno IP4X.

Le apparecchiature di comando e protezione dei circuiti elettrici saranno alloggiare all'interno di un vano tecnico appositamente realizzato e dotato di porta a due ante a battente dotata di chiusura a chiave in modo da garantire l'accesso ai dispositivi solamente a personale addestrato.

La protezione contro i contatti indiretti dovrà essere attuata mediante la tecnica dell'interruzione automatica dell'alimentazione, ottenuta dal coordinamento tra l'impianto di terra e la protezione differenziale da predisporre nel quadro di parallelo, secondo la relazione:

$$Re \times I_{dn} \leq 120$$

Come indicato dalla norma CEI 64-8 art. 413.1.5.2, essendo Re la resistenza di collegamento a

terra della massa e la corrente di guasto a terra. Il sistema fotovoltaico realizzato sarà di tipo IT ovvero il generatore fotovoltaico è isolato da terra mentre la parte a valle trasformatore delle Transformer Station è collegata all'impianto di terra. Il verso con il quale va inteso il monte e valle è quello del verso in cui fluisce la corrente, cioè dai moduli al distributore.

I moduli fotovoltaici essendo di classe II non necessitano del collegamento diretto all'impianto di terra così come le strutture metalliche in quanto non costituiscono elemento di pericolo non essendo ad esse applicabile la definizione di massa elettrica. Tuttavia, al fine di garantire l'equipotenzialità di tutti gli elementi metallici presenti e consentire il corretto funzionamento del dispositivo di controllo dell'isolamento da parte degli inverter, si opterà di collegare tutte le strutture tra loro attraverso la posa interrata di una corda di rame nuda della sezione di 25mmq in accordo alla CEI 99-2 e CEI 99-3. Le strutture di fissaggio dei moduli saranno collegate alla treccia di rame nudo sul palo di sostegno delle strutture in grado di garantire la continuità metallica con il tubolare trasversale che sorregge i moduli

Sulla treccia nuda di rame posata da est verso ovest saranno anche collegati tutti i Combiner box presenti sul campo tramite apposito morsetto interno alla struttura del box.

Il dispersore di terra, realizzato in corrispondenza della stazione di trasformazione, sarà direttamente collegato sul collettore di terra, pertanto su quest'ultimo componente dovranno essere posizionati sia il conduttore di terra proveniente dai tracker che l'anello di terra lato media tensione che sarà realizzato mediante corda di rame nudo interrata, oltre a tutte le "terre" delle apparecchiature presenti all'interno della stessa stazione di trasformazione stessa.

La scelta della sezione dei conduttori di terra sarà eseguita sulla base di quanto indicato dalla norma CEI 99-2 e CEI 99-3 la quale prescrive una sezione minima per il suddetto conduttore di 25 mmq, nel caso si utilizzi una corda di rame nudo direttamente interrata.

Per il dimensionamento della corda di rame nudo si terrà conto delle prescrizioni tecniche imposte e consigliate dalle vigenti normative in materia, infatti, non essendo questo un impianto di messa a terra la corrente di guasto è pressoché trascurabile ai fini del dimensionamento

COLLETTORE DI TERRA E COLLEGAMENTI INTERNI ALLE CABINE

Salvo adattamenti specifici da valutare di volta in volta inerenti la disposizione geometrica e logistica della cabina di interconnessione, la realizzazione dell'impianto di dispersione e l'eventuale anello perimetrale di terra, all'interno della cabina di trasformazione dovrà essere sempre previsto un collettore principale di terra realizzato con barra di rame di sezione indicativa 50x8mm alla quale saranno attestati indicativamente:

- i collegamenti fra impianto di dispersione e collettore (due afferenti a due punti diversi
- di collegamento all'impianto di dispersione)
- il collegamento dei centro-stella di ciascuno dei trasformatori presenti

- il collegamento della barra dei conduttori di protezione di ciascuno dei quadri presenti
- il collegamento della rete elettrosaldata posta sotto il pavimento
- il collegamento dell'anello equipotenziale perimetrale della cabina di trasformazione se presente ovvero i collegamenti equipotenziali delle masse e masse estranee present
- collegamento dei collettori secondari eventualmente presenti nei locali tecnici attigui
- il collegamento al collettore od impianto di terra del locale consegna o cabina
- trasformazione dell'ente erogatore secondo le modalità richieste dall'ente stesso

La sezione dei conduttori di protezione dovrà essere dimensionata per sopportare le sollecitazioni derivanti da un eventuale guasto franco che potrebbe verificarsi in ogni punto del circuito.

Tale sezione dovrà essere verificata in funzione delle protezioni adottate, tuttavia detta sezione non dovrà risultare inferiore alla sezione minima indicata nella vigente normativa CEI 64-8/4-64-8/5.

I conduttori di collegamento al collettore principale, dotati di capocorda stagnati ad anello, saranno fissati attraverso bulloni passanti di diametro compatibile con il capocorda impiegato e ciascun bullone fisserà sempre un solo conduttore di collegamento.

La distanza fra un conduttore e l'altro lungo la barra collettore sarà tale da consentire l'agevole inserimento della chiave di serraggio dei bulloni; il collettore sarà distanziato dalla parete o dal supporto di sostegno quanto basta ad estrarre il bullone passante.

Ognuno dei conduttori collegati al collettore sarà dotato di targhetta di identificazione con indicato in modo chiaro la sua funzione e provenienza.

Le targhette dovranno essere fissate in modo che aderiscano al cavo per tutta la loro lunghezza.