



CITTA' DI SAN SEVERO



CITTA' DI FOGGIA



COMUNE DI LUCERA

**prov. di Foggia
REGIONE PUGLIA**

Impianto Agrivoltaico "SAN SEVERO"

della potenza di 32,642 MW in DC ubicato nel Comune di San Severo e relative opere di connessione ricadenti anche nei territori di Foggia e Lucera

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



SOLAR SUD SRL
LARGO AUGUSTO, 3
20122 MILANO (MI)
email PEC: solarsudsrl@legalmail.it

PROGETTAZIONE:



TEKNE srl
Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA
Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915
www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



PROGETTISTA:

Dott. Ing. Renato Pertuso
(Direttore Tecnico)

LEGALE RAPPRESENTANTE:

Dott. Renato Mansi



TEKNE srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
IL PRESIDENTE
Dott. RENATO MANSI

PD

PROGETTO DEFINITIVO

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI

Tavola: **RE11**

Filename:
TKA999-PD-RE11-Disciplinare descrittivo e prestazionale degli
elementi tecnici-R0.docx

Data 1°emissione:
Marzo 2024

Redatto:
D. PAOLICELLI

Verificato:
G. PERTUSO

Approvato:
R. PERTUSO

Scala:

Protocollo Tekne:

n° revisione	1			
	2			
	3			
	4			

TKA999

Indice

1	INTRODUZIONE	1
1.1.	PREMESSA.....	1
2	DESCRIZIONE DEI MATERIALI	2
2.1.	SCAVI E RILEVATI	2
2.2	FONDAZIONI E CONSOLIDAMENTI	4
2.3	MASSICCIAE.....	5
2.4	MALTE CEMENTIZIE.....	6
2.5	OPERE IN ACCIAIO ED ALTRI METALLI.....	7
2.6	RECINZIONI, CANCELLI CARRABILI E PERIMETRAZIONE AREA IMPIANTO	8
3	DESCRIZIONE DEI COMPONENTI	10
3.1.	CAMPO FOTOVOLTAICO	10
3.1.1.	MODULI FOTOVOLTAICI	10
3.1.2.	SISTEMA DI TRACKING	11
3.1.1.	INVERTER	12
3.1.1.	CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMATORE BT/MT DI CAMPO	16
3.2.	LOCALI TECNICI MT E BT.....	22
3.1.1.	QUADRO MT	22
3.2.1.	TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI MT/BT	23
3.2.1.1.	QUADRO SERVIZI AUSILIARI IN BASSA TENSIONE (QSA)	23
3.2.2.	QUADRI MISURE FISCALI (QMF E QMG)	24
3.2.3.	POWER PLANT CONTROLLER (PPC)	24
3.3.	COLLEGAMENTI ELETTRICI IN BASSA TENSIONE	24
3.3.1.	DATI NOMINALI DI IMPIANTO	24
3.3.2.	CARATTERISTICHE DEL CAVO DI BASSA TENSIONE	24
3.3.3.	VARIAZIONE DELLA TENSIONE CON LA TEMPERATURA PER LA SEZIONE C.C.	25
3.3.4.	PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE	26
3.3.5.	PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO	26
3.3.6.	CADUTE DI TENSIONE	27
3.4.	COLLEGAMENTI ELETTRICI IN MEDIA TENSIONE E RELATIVI CALCOLI	27

	DATA		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	Protocollo TEKNE
	R0	Febbraio 2024	D. Paolicelli	G. Pertoso	R. Pertuso	TKA999
						Filename:
						TKA999-PD-RE11

3.4.1.	DATI NOMINALI DI IMPIANTO	27
3.4.2.	CARATTERISTICHE DEL CAVO DI ALTA TENSIONE	27
3.4.3.	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE	27
3.4.4.	VALORI MASSIMI AMMISSIBILI DELLA CADUTA DI TENSIONE	28
3.4.5.	TIPI DI INSTALLAZIONE	28
3.4.6.	CALCOLO DELLA PORTATA EFFETTIVA	28
3.4.7.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE	29
3.5.	RETE DI TERRA.....	33
3.5.1.	DESCRIZIONE DELLA RETE DI TERRA	33
3.5.2.	COLLEGAMENTI DI TERRA	34
4	SISTEMA ANTIINTRUSIONE E DI VIDEOSORVEGLIANZA	34
5	MISURE DI PROTEZIONE	38
5.1.	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI.....	38
5.2.	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	38
5.3.	MISURE DI PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI DELLE SCARICHE ATMOSFERICHE.....	39
6	MONTAGGIO COMPONENTI	39
7	COLLAUDI E MESSA IN SERVIZIO	40
7.1.	PROVE DI TIPO.....	40
7.2.	PROVE DI ACCETTAZIONE IN FABBRICA.....	40
7.3.	VERIFICHE IN CANTIERE.....	40
7.4.	PROVE DI ACCETTAZIONE IN SITO.....	40
8	VALUTAZIONE ENERGETICA	41
9	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	43

 PD PROGETTO DEFINITIVO	DATA		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	Protocollo TEKNE
	R0	Febbraio 2024	D. Paolicelli	G. Pertoso	R. Pertuso	TKA999
						Filename:
						TKA999-PD-RE11

1 INTRODUZIONE

1.1. *Premessa*

Questo documento costituisce il disciplinare descrittivo e prestazionale, avente come scopo quello di descrivere componenti prestazionali tecnici degli elementi previsti nel progetto. In particolare, verranno di seguito elencati, oltre alla descrizione, anche sotto il profilo estetico, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, i materiali e i componenti che costituiranno **l'impianto agrivoltaico "San Severo"** ubicato nel Comune di San Severo (FG), identificato nel catasto terreni al Fg. 132 p.lle 5-13.

La futura **SE RTN 380/150 kV Palmori** sorgerà nel Comune di Lucera (FG), al Fg. 38 p.lle 164-168.

Il seguente elaborato è stato redatto ai sensi del Decreto-legge 1° marzo 2022 n.17 (DL Energia), convertito, con modifiche, nella Legge 27 aprile 2022 n.34 e del Decreto-legge 17 maggio 2022 n.50 (DL 50/2022) e dell'art. 12 del Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 ***"Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità."***

La fonte energetica **non programmabile** utilizzata per alimentare l'impianto è la luce solare.

2 DESCRIZIONE DEI MATERIALI

2.1. Scavi e rilevati

Tutti gli scavi e rilevati occorrenti, provvisori o definitivi, incluse la formazione di cunette, accessi, rampe e passaggi saranno in accordo con i disegni di progetto e le eventuali prescrizioni della direzione lavori. Nell'esecuzione degli scavi si dovrà procedere alla rimozione di qualunque cosa possa creare impedimento o pericolo per le opere da eseguire, le sezioni degli scavi dovranno essere tali da impedire frane o smottamenti e si dovranno approntare le opere necessarie per evitare allagamenti e danneggiamenti dei lavori eseguiti.

Il materiale di risulta proveniente dagli scavi sarà avviato a discarica, qualora si rendesse necessario il successivo utilizzo, di tutto o parte dello stesso, si provvederà ad un idoneo deposito nell'area del cantiere.

Durante l'esecuzione degli scavi sarà vietato, salvo altre prescrizioni, l'uso di esplosivi e, nel caso che la natura dei lavori o le specifiche prescrizioni ne prevedessero l'uso, la direzione lavori autorizzerà, con comunicazione scritta, tali interventi che saranno eseguiti dall'Appaltatore sotto la sua piena responsabilità per eventuali danni a persone o cose e nella completa osservanza della normativa vigente a riguardo.

Qualora fossero richieste delle prove per la determinazione della natura delle terre e delle loro caratteristiche, l'Appaltatore dovrà provvedere, a suo carico, all'esecuzione di tali prove sul luogo o presso i laboratori ufficiali indicati dalla Direzione dei Lavori.

SCAVI DI SBANCAMENTO

Saranno considerati scavi di sbancamento quelli necessari per le sistemazioni del terreno, per la formazione di piani di appoggio per strutture di fondazione e per l'incasso di opere poste al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più basso del terreno naturale o di trincee e scavi preesistenti ed aperti almeno da un lato.

Saranno, inoltre, considerati come sbancamento tutti gli scavi a sezione tale da consentire l'accesso, con rampe, ai mezzi di scavo ed a quelli per il trasporto dei materiali di risulta.

SCAVI PER FONDAZIONI

Tutte le strutture di sostegno per il campo agro-fotovoltaico e le recinzioni perimetrali saranno realizzate mediante tecnica dei pali di acciaio battuti. Non saranno previsti scavi per fondazioni, ad esclusione degli scavi di sbancamento e compattazione terreno per il posizionamento a regola d'arte delle vasche di fondazione per le cabine di trasformazione e consegna.

Le pareti degli scavi saranno prevalentemente verticali e, se necessario, l'Appaltatore dovrà provvedere al posizionamento di puntelli e paratie di sostegno e protezione, restando pienamente responsabile di eventuali danni a persone o cose provocati da cedimenti del terreno; i piani di fondazione dovranno essere perfettamente orizzontali e la direzione lavori potrà richiedere ulteriori sistemazioni dei livelli, anche se non indicate nei disegni di progetto, senza che l'Appaltatore possa avanzare richieste di compensi aggiuntivi.

Tutti gli scavi eseguiti dall'Appaltatore, per la creazione di rampe o di aree di manovra dei mezzi, al di fuori del perimetro indicato, non saranno computati nell'appalto e dovranno essere ricoperti, sempre a carico dell'Appaltatore, a lavori eseguiti.

Negli scavi per condotte o trincee che dovessero interrompere il flusso dei mezzi di cantiere o del traffico in generale, l'Appaltatore dovrà provvedere, a suo carico, alla creazione di strutture provvisorie per il passaggio dei mezzi e dovrà predisporre un programma di scavo opportuno ed accettato dalla direzione lavori.

Per gli scavi eseguiti sotto il livello di falda su terreni permeabili e con uno strato d'acqua costante fino a 20 cm dal fondo dello scavo, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sue spese, all'estrazione della stessa; per scavi eseguiti a profondità maggiori di 20 cm. dal livello superiore e costante dell'acqua e qualora non fosse possibile creare dei canali di deflusso, saranno considerati scavi subacquei e computati come tali.

Le suddette prescrizioni non si applicano per gli scavi in presenza d'acqua proveniente da precipitazioni atmosferiche o rotture di condotte e per i quali l'Appaltatore dovrà provvedere, a sue spese, all'immediata estrazione dell'acqua ed alla riparazione dei danni eventualmente causati.

Tutte le operazioni di rinterro dovranno sempre essere autorizzate dalla direzione lavori.

SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA

Da eseguire con mezzo meccanico (o, per casi particolari, a mano) in rocce di qualsiasi natura o consistenza, sia sciolte che compatte con resistenza allo schiacciamento fino a 12 N/mmq. (ca. 120 kgf/cmq.), asciutte o bagnate, anche se miste a pietre, comprese le opere di sicurezza, il carico ed il trasporto a discarica del materiale di risulta inclusa anche l'eventuale selezione di materiale idoneo per rilevati e da depositare in apposita area all'interno del cantiere.

SCAVI PER IMPIANTI DI MESSA A TERRA

- Realizzazione di uno scavo eseguito da mezzo meccanico, con ripristino del terreno (o del manto bituminoso), per la posa in opera di tondino in acciaio per impianti di dispersione di terra e posa del conduttore ad una profondità di almeno m. 0,50 da eseguire sia su terreno di campagna che su manto bituminoso.

- Realizzazione di uno scavo eseguito a mano, con ripristino del terreno (del manto bituminoso o del selciato), per la posa in opera di tondino in acciaio per impianti di dispersione di terra e posa del conduttore ad una profondità di almeno m. 0,50 da eseguire sia su terreno di campagna che su manto bituminoso.

RINTERRI

I rinterri o riempimenti di scavi dovranno essere eseguiti con materiali privi di sostanze organiche provenienti da depositi di cantiere o da altri luoghi comunque soggetti a controllo da parte della direzione dei lavori e dovranno comprendere:

- spianamenti e sistemazione del terreno di riempimento con mezzi meccanici oppure a mano;
- compattazione a strati non superiori ai 30 cm. di spessore;
- bagnatura ed eventuali ricarichi di materiale da effettuare con le modalità già indicate.

2.2 Fondazioni e consolidamenti

Tutte le opere di fondazione dovranno essere realizzate conformemente ai disegni di progetto e la preparazione, la posa in opera, il consolidamento, le armature, etc. saranno eseguiti nella completa osservanza della normativa vigente e delle eventuali prescrizioni della direzione dei lavori.

Prima di dare corso a lavori di consolidamento si dovrà procedere ad una verifica della consistenza delle strutture di fondazione oggetto dell'intervento; tale verifica sarà eseguita con degli scavi verticali in aderenza alle murature perimetrali con saggi di larghezza da 1 a 2 metri fino alla profondità necessaria ad una completa analisi dello stato delle strutture e dei materiali.

SONDAGGI

Il tipo di sondaggi da utilizzare in caso di verifiche delle strutture murarie esistenti sarà quello a rotazione con carotaggio continuo per il prelievo di campioni indisturbati in grado di fornire un quadro completo della situazione esistente.

I fori dei carotaggi saranno, eventualmente, utilizzati per indagini geotecniche e geofisiche o per eventuali studi sulle deformazioni del terreno e dei livelli di falda.

INDAGINI GEOTECNICHE E GEOSIFICHE

Le prove da compiere per lo studio del comportamento del terreno adiacente alle strutture da consolidare dovranno essere le seguenti:

- prove penetrometriche dinamiche;
- prove penetrometriche statiche;
- prove scissiometriche;
- prove pressiometriche;

- prove di permeabilità;

Le prove di laboratorio per lo studio di campioni indisturbati saranno:

- prove di classificazione;
- prove di permeabilità;
- prove di consolidazione edometrica;
- prove di compattazione;
- prove triassiali;
- prove dinamiche.

I rilievi geofisici potranno essere compiuti sulla base dei test seguenti:

- misure di propagazione che rilevano la velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali e trasversali fra due coppie di fori paralleli nel terreno;
- carotaggio sonico eseguito con una sonda dotata di trasmettitore e ricevitore ed adatta per la misurazione della velocità sonica da effettuare lungo l'asse del foro praticato nel terreno.

2.3 Massicciate

La massicciata stradale potrà essere predisposta come sottofondo di preparazione agli strati di conglomerato bituminoso oppure come pavimentazione stradale autonoma senza ulteriore finitura e sarà costituita da pietrisco calcareo con pezzature 40-70 mm con tutte le operazioni di fornitura del pietrisco, la stesa, la cilindatura con rulli da 14 a 18 t inclusi gli eventuali ricarichi richiesti durante la cilindatura, l'innaffiamento ed il successivo spandimento ed ulteriore cilindatura anche del pietrisco di saturazione per uno spessore complessivo di 10-15 cm misurati dopo la rullatura.

ACCIAIO

Tutti i materiali in acciaio usati per la realizzazione di opere in cemento armato o strutture metalliche dovranno avere caratteristiche conformi alle prescrizioni della normativa vigente, certificate da idonei documenti di accompagnamento e confermate dalle prove fatte eventualmente eseguire dalla direzione lavori presso laboratori riconosciuti. Tutte le armature metalliche dovranno essere tagliate a misura, sagomate e poste in opera comprese le legature di filo di ferro, i distanziatori, eventuali sfidi, sovrapposizioni anche se non chiaramente espresse negli elaborati esecutivi ma richieste dalla normativa vigente.

LEGANTI IDRAULICI

Sono considerati leganti idraulici:

- a) cementi normali e ad alta resistenza
- b) cemento alluminoso
- c) cementi per sbarramenti di ritenuta

- d) agglomerati cementizi
- e) calci idrauliche.

Le caratteristiche, le modalità di fornitura, il prelievo dei campioni, la conservazione e tutte le operazioni relative ai materiali sopracitati, dovranno essere in accordo alla normativa vigente.

I cementi pozzolanici verranno impiegati per opere in contatto con terreni gessosi, acque saline o solfatate; i cementi d'alto forno dovranno essere impiegati per pavimentazioni stradali, per opere in contatto con terreni gessosi, per manufatti dove è richiesto un basso ritiro e non dovranno, invece, essere impiegati per strutture a vista.

I cementi bianchi dovranno corrispondere alle prescrizioni della normativa indicata, avere caratteristiche di alta resistenza e verranno impiegati, mescolandoli a pigmenti colorati, per ottenere cementi colorati.

I cementi alluminosi verranno impiegati per getti subacquei, per getti a bassa temperatura e per opere a contatto con terreni ed acque chimicamente o fisicamente aggressive.

2.4 Malte cementizie

Tutte le forniture di cemento dovranno avere adeguate certificazioni attestanti qualità, provenienza e dovranno essere in perfetto stato di conservazione; si dovranno eseguire prove e controlli periodici ed i materiali andranno stoccati in luoghi idonei. Tutte le caratteristiche dei materiali dovranno essere conformi alla normativa vigente ed alle eventuali prescrizioni aggiuntive fornite dal progetto o dalla direzione lavori. I cementi saranno del tipo:

- a) cementi normali e ad alta resistenza;
- b) cementi alluminosi;

I cementi normali e ad alta resistenza avranno un inizio della presa dopo 45' dall'impasto, termine presa dopo 12 ore e resistenza a compressione e flessione variabili a seconda del tipo di cemento usato e delle quantità e rapporti di impasto.

I cementi alluminosi avranno un inizio presa dopo 30' dall'impasto, termine presa dopo 10 ore e resistenze analoghe ai cementi normali.

DOSAGGI

I dosaggi ed i tipi di malta cementizia saranno quelli elencati di seguito:

- a) malta cementizia con sabbia vagliata e lavata e cemento "325" nelle quantità di:

- 300 kg. di cemento/mc. sabbia per muratura in pietrame
- 400 kg. di cemento/mc. sabbia " " in mattoni
- 600 kg. di cemento /mc. di sabbia per lavorazioni speciali;

- b) malta bastarda formata da mc 0,35 di calce spenta in pasta e kg. 100 di cemento a lenta presa.

2.5 Opere in acciaio ed altri metalli

Tutti i metalli dovranno essere lavorati con regolarità di forme e di dimensioni, nei limiti delle tolleranze consentite ed in accordo con le prescrizioni della normativa specifica.

Le operazioni di piegatura e spianamento dovranno essere eseguite per pressione; qualora fossero richiesti, per particolari lavorazioni, interventi a caldo, questi non dovranno creare concentrazioni di tensioni residue.

I tagli potranno essere eseguiti meccanicamente o ad ossigeno, nel caso di irregolarità queste verranno rifinite con la smerigliatrice.

Le superfici, o parti di esse, destinate a trasmettere sollecitazioni di qualunque genere, dovranno combaciare perfettamente.

I fori per i chiodi e bulloni saranno eseguiti con il trapano, avranno diametro inferiore di almeno 3 mm. a quello definitivo e saranno successivamente rifiniti con l'alesatore; salvo diverse prescrizioni non è consentito l'uso della fiamma ossidrica per le operazioni di bucatura.

I giunti e le unioni degli elementi strutturali e dei manufatti verranno realizzate con:

a) saldature eseguite ad arco, automaticamente o con altri procedimenti approvati dalla Direzione Lavori; tali saldature saranno precedute da un'adeguata pulizia e preparazione delle superfici interessate, verranno eseguite da personale specializzato e provvisto di relativa qualifica, le operazioni di saldatura verranno sospese a temperature inferiori ai -5°C e, a lavori ultimati, gli elementi o le superfici saldate dovranno risultare perfettamente lisci ed esenti da irregolarità.

b) bullonatura che verrà eseguita, dopo un'accurata pulizia, con bulloni conformi alle specifiche prescrizioni e fissati con rondelle e dadi adeguati all'uso; le operazioni di serraggio dei bulloni dovranno essere effettuate con una chiave dinamometrica.

c) chiodature realizzate con chiodi riscaldati (con fiamma o elettricamente) introdotti nei fori e ribattuti. La posa in opera dei manufatti comprenderà la predisposizione ed il fissaggio, dove necessario, di zanche metalliche per l'ancoraggio degli elementi alle superfici di supporto e tutte le operazioni connesse a tali lavorazioni.

Dovranno essere, inoltre, effettuate prima del montaggio le operazioni di ripristino della verniciatura o di esecuzione, se mancante, della stessa; verranno, infine, applicate, salvo altre prescrizioni, le mani di finitura secondo le specifiche già indicate per tali lavorazioni.

La zincatura nelle parti esposte o dove indicato sarà eseguita, a carico dell'Appaltatore, per immersione in bagno di zinco fuso e dovrà essere realizzata solo in stabilimento.

Tutte le strutture in acciaio o parti dovranno essere realizzate in conformità alle già citate leggi e normative vigenti per tali opere.

Le caratteristiche dei materiali in ferro sono fissate dalle seguenti specifiche.

FERRO - ACCIAIO

I materiali ferrosi da impiegare dovranno essere esenti da scorie, soffiature e qualsiasi altro difetto di fusione, laminazione, profilatura e simili.

Le caratteristiche degli acciai per barre lisce e ad aderenza migliorata, per reti elettrosaldate, fili, trecce, trefoli, strutture metalliche, lamiere e tubazioni dovranno essere in accordo con la normativa vigente.

ACCIAI

Saranno definiti acciai i materiali ferrosi contenenti meno dell'1,9% di carbonio; le classi e le caratteristiche relative saranno stabilite dalle norme già citate alle quali si rimanda per le specifiche riguardanti le qualità dei vari tipi e le modalità delle prove da eseguire.

ACCIAIO INOSSIDABILE

Presenta un contenuto di cromo superiore al 12% ed elevata resistenza all'ossidazione ed alla corrosione; dovrà essere conforme alle norme citate.

ALLUMINIO E LEGHE

Tutti i prodotti in alluminio saranno conformi alla normativa indicata.

I profilati e trafilati saranno forniti, salvo diversa prescrizione, in alluminio primario, dovranno avere sezione costante, superfici regolari ed essere esenti da imperfezioni.

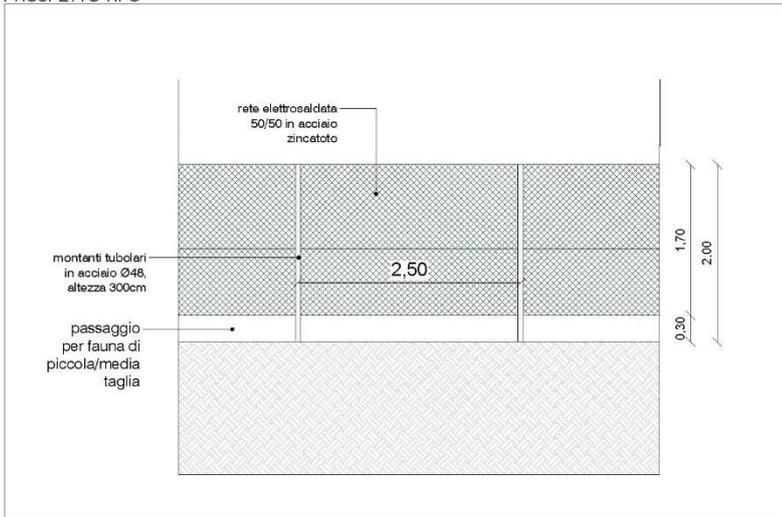
Le lamiere non dovranno presentare tracce di riparazioni o sdoppiature.

Per l'alluminio anodizzato, ogni strato di ossido anodico verrà indicato come: ottico, brillante, satinato, vetroso, etc. oltre ad un numero per lo spessore e l'indicazione del colore.

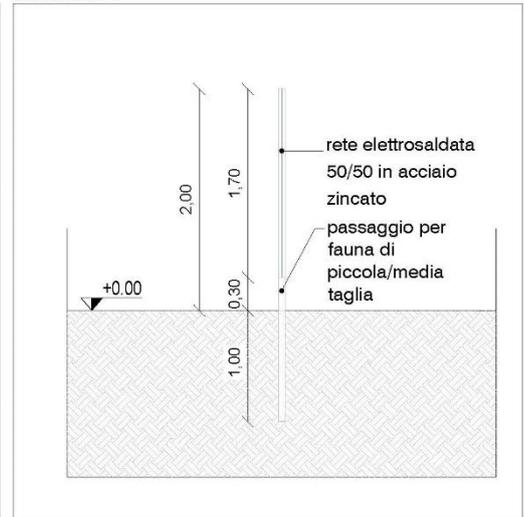
2.6 Recinzioni, cancelli carrabili e perimetrazione area impianto

L'area impianto sarà recintata attraverso una rete elettrosaldata 50/50 in acciaio zincato di colore verde alta 2,00 metri. Essa sarà sorretta da montanti tubolari in acciaio $\varnothing 48$ posti con un interasse di 2,5 metri. Inoltre, essa sarà dotata di aperture (30/30cm) a livello stradale per permettere il passaggio di fauna di piccola e media taglia. Di seguito un prospetto tipo della recinzione.

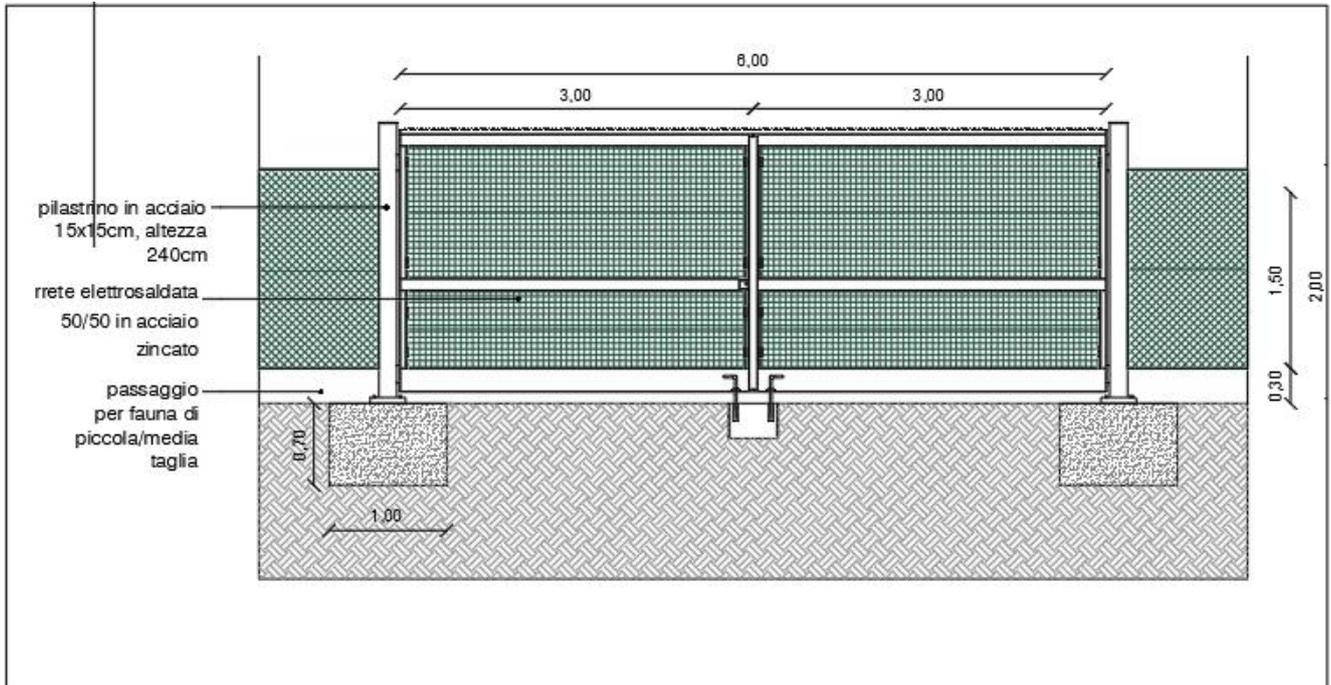
PROSPETTO TIPO



SEZIONE TIPO



I cancelli carrabili di ingresso avranno un'ampiezza pari a 6 metri con doppio battenti, pilastri in acciaio 15x15 e colorazione identica a quella della recinzione. Di seguito il dettaglio.



3 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI

3.1. Campo Fotovoltaico

Il campo agrivoltaico nel suo complesso sarà costituito dai seguenti elementi:

- 51.813 Moduli Fotovoltaici della potenza di 630Wp ciascuno;
- 1.919 Stringhe Fotovoltaiche costituita ciascuna da 27 moduli;
- 85 Inverter di Stringa DC/AC da 300kW;
- 12 Inverter di Stringa DC/AC da 200kW;
- 17 Cabine di campo con trasformatore bt/MT 0,8/33kV;
- 1 Cabina di raccolta/servizi ausiliari;
- Feeder 1 MT = 4.700 m;
- Feeder 2 MT = 2.950 m;
- Cavidotto di connessione esterno MT = 6.580 m;

3.1.1. Moduli fotovoltaici

Il modulo JA SOLAR-JAM66D45 LB è composto da celle solari rettangolari realizzate con silicio monocristallino ed è di tipo bifacciale.

Il modulo è costituito da 132 celle solari, questa nuova tecnologia migliora l'efficienza dei moduli, offre un migliore aspetto estetico rendendo il modulo perfetto per qualsiasi tipo di installazione.

La protezione frontale è costituita da un vetro a tecnologia avanzata costituito da una trama superficiale che consente di ottenere performance eccellenti anche in caso di condizioni di poca luminosità. Le caratteristiche meccaniche del vetro sono: doppio vetro 2.0+2.0 mm semi-temperato. La cornice di supporto è realizzata con un profilo in alluminio anodizzato.

Le scatole di connessione, sulla parte posteriore del pannello, sono realizzate in resina termoplastica e contengono all'interno una morsettiera con i diodi di bypass, per minimizzare la perdita di potenza dovuta ad eventuali fenomeni di ombreggiamento, ed i terminali di uscita, costituiti da cavi precablati a connessione rapida impermeabile.

Potenza di picco nominale Pm:	630.0 W
Tensione alla potenza massima Vm:	40.70 V
Corrente alla potenza massima Im:	15.48 A
Tensione a circuito aperto Voc:	48.90 V
Corrente di corto circuito Isc:	16.18 A
Efficienza massima:	23.3 %
Dimensioni:	2382x1134 mm
Spessore:	30 mm

Peso:	33.1 kg
Tipo di celle:	Silicio monocristallino
Numero di celle:	132
Classe di isolamento:	II
Tensione massima di sistema:	1500 V
Coefficienti di Temperatura:	α_{Pm} : - 0,30% / °C
	α_{Isc} : + 0,046% / °C
	α_{Voc} : - 0,260% / °C

Tutte le caratteristiche sono rilevate a Standard Test Conditions (STC): radiazione solare 1000 W/m², spettro solare AM 1.5, temperatura 25°C (EN 60904-3)

3.1.2. Sistema di tracking

Come descritto precedentemente, il generatore fotovoltaico non è di tipo ad orientamento fisso, ma prevede un sistema inseguitore.

Esso consiste in un motore elettrico agente su un motoriduttore collegato direttamente all'asse orizzontale, resistente a polvere e umidità, che permette di inclinare la serie formata da 27 moduli fotovoltaici di +/-55° sull'asse orizzontale.

Il circuito di azionamento prevede un attuatore lineare di tipo IP65, resistente quindi a polvere e pioggia, alimentato direttamente dalla stringa in DC per ogni tracker.

La regolazione dell'inclinazione è di tipo automatico real-time attraverso un controller connesso via ModBus con una connessione di tipo RS485, oppure di tipo wireless.

Il controller, inoltre, comprende un anemometro e un GPS: attraverso le rilevazioni di questi dispositivi, esso, applicando un algoritmo di tracking dell'irraggiamento solare, permette di sistemare istantaneamente l'orientamento del generatore fotovoltaico.

Il controller, inoltre, permette di interagire attraverso un sistema web-browsing attraverso cui l'amministratore del sistema, o qualsiasi operatore, può regolare l'inclinazione a proprio piacimento a fini manutentivi, ispettivi etc.

3.1.1. Inverter

Ciascuna stringa è collegata ad un ingresso dell'apparato di conversione dell'energia elettrica, da corrente continua a corrente alternata, costituito da due tipologie diverse di inverter:

- Inverter HUAWEI SUN2000-330KTL-H1;
- Inverter HUAWEI SUN2000-215KTL-H0;

le cui caratteristiche tecniche per ciascun modello saranno riportate qui di seguito. La sezione di ingresso dell'inverter è in grado di inseguire il punto di massima potenza del generatore fotovoltaico (funzione MPPT).

HUAWEI SUN2000-330KTL-H1

Lato corrente continua

Range operativo di tensione:	0 ÷ 1500 Vcc
Range di tensione in MPPT:	500 ÷ 1500 Vcc

Lato corrente alternata

Potenza nominale:	300 kW
Tensione nominale:	800 V
Frequenza nominale:	50 Hz
Fattore di potenza:	1

Sistema

Rendimento massimo:	99.00%
Temperatura ambiente di funzionamento:	- 25 ÷ 60°C
Sistema di raffreddamento:	Smart air cooling
Grado di protezione:	IP66
Umidità ambiente di funzionamento:	0% ÷ 100%
Metodo di raffreddamento:	Controllo della temperatura tramite raffreddamento forzato ad aria
Conformità:	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068
Comunicazioni:	Display, RS485, USB, MBUS
Dimensioni:	1,048 x 0,732 x 0,395 m (LxPxH)

HUAWEI SUN2000-215KTL-H0

Lato corrente continua

Range operativo di tensione:	0 ÷ 1500 Vcc
Range di tensione in MPPT:	500 ÷ 1500 Vcc

Lato corrente alternata

Potenza nominale:	200 kW
Tensione nominale:	800 V
Frequenza nominale:	50 Hz
Fattore di potenza:	1

Sistema

Rendimento massimo:	99.00%
Temperatura ambiente di funzionamento:	- 25 ÷ 60°C
Sistema di raffreddamento:	Smart air cooling
Grado di protezione:	IP66
Umidità ambiente di funzionamento:	0% ÷ 100%
Metodo di raffreddamento:	Controllo della temperatura tramite raffreddamento forzato ad aria
Conformità:	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068
Comunicazioni:	Display, RS485, USB, MBUS
Dimensioni:	1,035 x 0,700 x 0,365 m (LxPxH)

SUN2000-330KTL-H1
Technical Specifications
(Preliminary)

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.8%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	6
Max. Current per MPPT	65 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	115 A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5/4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	300,000 W
Max. AC Apparent Power	330,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	330,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	216.6 A
Max. Output Current	238.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion	< 1%
Protection	
Smart String -Level Disconnect(SSLD)	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
AC Grounding Fault Protection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤108 kg
Operating Temperature Range	-25 °C ~ 60 °C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

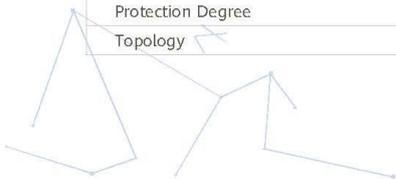


SOLAR.HUAWEI.COM

Caratteristiche dell'inverter di stringa da 300 kW

Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.6%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	3
Max. Current per MPPT	100A/100A/100A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Max. AC Apparent Power	215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	215,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Max. Output Current	155.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (191.8 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless



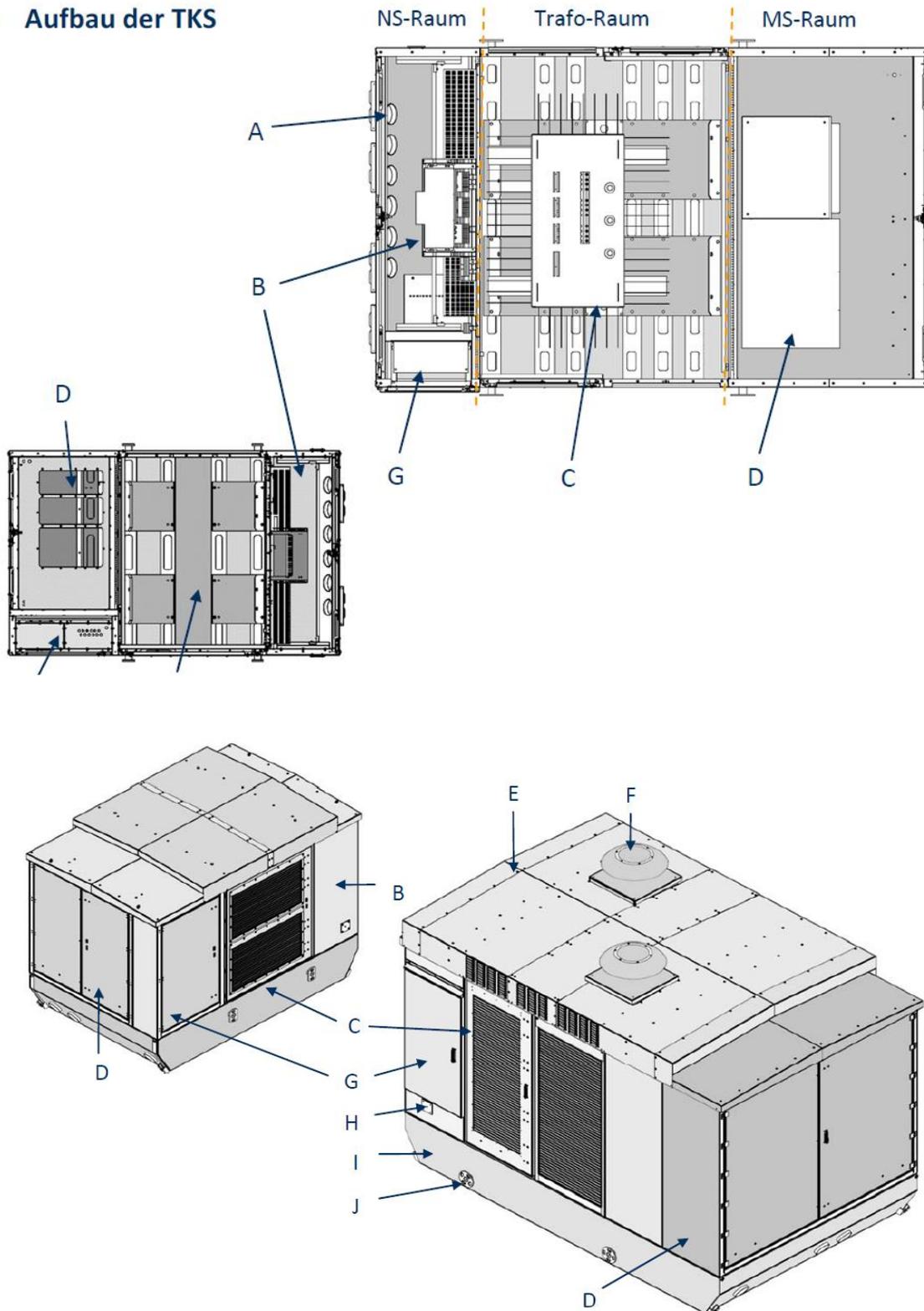
SOLAR.HUAWEI.COM

Caratteristiche dell'inverter di stringa da 200 kW

3.1.1. Cabine elettriche di trasformatore BT/MT di campo

Le cabine elettriche di trasformazione bt/MT di campo hanno la funzione di trasformare da bassa a media, la tensione convertita da ogni inverter, tramite trasformatore presente in ognuna di esse. Le cabine saranno di tipo prefabbricato dotate di 3 vani principali, di dimensioni variabile a seconda della tipologia di trafo che ospiteranno.

1.1 Aufbau der TKS



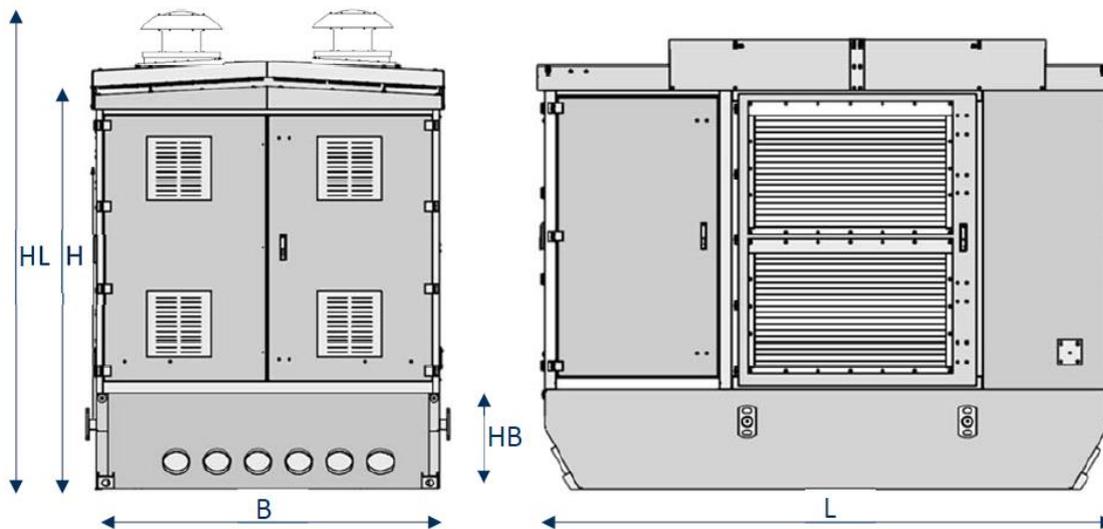
Dove:

- A: Ingresso cavo
- B: Vano bassa tensione
- C: Vano trasformatore
- D: Quadri di media tensione
- E: Tetto
- F: Aspiratore aria
- G: Modulo di comunicazione
- H: Connessione a terra
- I: Vasca di fondazione
- J: Punti di sollevamento

Le cabine prefabbricate che verranno usate nel seguente progetto saranno di due tipologie:

- TKS1800 con trasformatori da 800-1000-1250-1600 e 1800 kVA;
- TKS3150 con trasformatori da 2000-2500-3150 kVA;

kVA	TKS 1800	TKS 3150	Spannung in V	max. Strom in A	I _n Leistungs-schalter in A	Spannung in V	max. Strom in A	I _n Leistungs-schalter in A	Netz-spannung
800	x	-	800	577	800	400	1155	1250	10 kV ↓ 36 kV
1000	x	-	800	722	800	400	1443	1600	
1250	x	-	800	902	1000	400	1804	2000	
1600	x	-	800	1155	1250	400	2309	2500	
1800	x	-	800	1299	1600	400	2598	3200	
2000	-	x	800	1443	1600	400	2887	3200	
2500	-	x	800	1804	2000	400	3608	4000	
3150	-	x	800	2273	2500	400	4547	5000	



Nel vano trasformatore, accessibile direttamente dall'esterno mediante un idoneo portello di sicurezza troveranno posto i trasformatori MT/bt – 33/0,8kV di taglie variabili da 800 a 3.150kVA dalle seguenti caratteristiche:

Estratto dal datasheet dei trasformatori, nella taglia 1250kVA



Siemens Energy Kft.

Siemens Energy is a trademark licensed by Siemens AG.

Technical description	Item ID: 9141303613
Type designation	4HD6158-9DA05-PV
Design:	Three-phase, hermetically closed oil-immersed converter type distribution transformer for outdoor use
Standards, specification:	
Transformer acc. to ...	EN 60076 Ecodesign acc.to No.548/2014 & 2019/1783 Amd EU Commission
Oil acc. to ... / brand	EN 62770 / Midel eN
Type of duty	continuous
Type of cooling	KNAN
Ambient temperature	40 °C
Temp. rise of winding / oil	65 K / 60 K
Altitude installation	1000 m
Frequency	50 Hz
Rated power	1250 kVA
High voltage	15000 V
tappings	±2.5; ±5%
insulation level (kV)	LI 95 AC 38
Low voltage (U2)	800 V
insulation level (kV)	LI - AC 10
Vector group	Dyn5 star point led out and 100% loadable
No load losses	855 W +0 %
Load losses	9500 W +0 %
Impedance voltage	6 % ±10 %
Sound power level LW(A)	55 dB(A)
tolerance	+0 dB(A)
Winding material LV / HV	Al / Al
Terminals:	
High voltage	Outer cone plug-in bushing according to EN 50180 Type A
Protection	IP 44
Low voltage	copper terminals with porcelain isolators according to EN 50386
Protection	IP 00
Dimensions, approximately	
Length (A1) x width (B1) x height (H1)	1585 mm x 1105 mm x 1670 mm
Cover height	1465 mm
Distance between rollers (E)	820 mm
Total mass / oil mass	3535 kg / 620 kg
Painting scheme	
Type	Painted
Color RAL..., thickness	RAL 7033, 140 µm
Tank construction	hermetically closed, with corrugated walls
Accessories:	Thermometer pocket - EN 50216-4
	Thermometer with 2 contacts - VIAT 122-23-1H 2K
Drain valve	EN 50216-4 type C2 DN 31
Tap changer	off-load type, operated by hand from above the cover.
Transport rollers	without
In filling tube	Closing screw
Other accessories	Electrostatic shield between HV & LV windings SiGu Cube Z107 6502 A
Documentation:	
Dimension drawing	English 4308 865 00
Tests:	
Routine test	EN 60076
Packing	without

Anche in questo caso ci si riserva di effettuare la scelta finale dei trasformatori in fase esecutiva, scegliendo altri modelli/marchi sulla base dello stato dell'arte della tecnologia al momento della realizzazione dell'impianto.



Vano Scomparti MT con i relativi Quadri MT

In questo vano saranno installati gruppi integrati preassemblati costituiti da:

- Due scomparti di arrivo linea MT, moduli interruttore di manovra sezionatore sottocarico (I.M.S) per la configurazione in serie delle cabine elettriche;
- Un modulo interruttore in vuoto con relè di protezione (50-51) CEI 0-16 per protezione e sezionamento del trasformatore bt/MT del sottocampo;



Quadro BT - Esempio di fusibili e sezionatori



Quadro di monitoraggio

Il vano bt conterrà le apparecchiature lato AC, deputate ad accogliere le linee elettriche provenienti dai sottocampi, ovvero:

- Interruttore di arrivo linea del sottocampo;
- Pannello fusibili;
- Quadro integrato ausiliari;

il manufatto sarà di tipo omologato e completo di porte, finestre e golfari di sollevamento. In manufatto prevede inoltre una vasca sottostante integrata nella stessa cabina elettrica, per il passaggio dei cavi elettrici di collegamento tra le diverse apparecchiature interne alla cabina nonché di consentire l'ingresso dei cavi provenienti dalle altre apparecchiature dell'impianto.

3.2. Locali tecnici MT e BT

I 17 sottocampi saranno collegati attraverso due linee feeder ad un locale shelter definito **Cabina di Raccolta**, deputato a cabina di sezionamento, misura e raccolta dell'energia prodotta. Dalla suddetta Cabina di raccolta partirà il cavidotto MT di connessione esterno che si conetterà alla SSE MT/AT, situata in prossimità della Stazione Elettrica Terna "Palmori" entrambe di futura realizzazione ubicate nel Comune di Lucera (FG).

3.1.1. Quadro MT

Il Quadro è costituito da:

- n° 1 Scomparto MT prefabbricato con arrivo linea dal basso completo di sezionatori tripolari da 630 A - 36 kV 16 kA motorizzato con alimentazione a 220 V c.a, di interruttore automatico e segnalatore presenza tensione;
- n° 1 Scomparto MT prefabbricato per collegamento risalita sbarre destra/sinistra 630 A – 36 kV 16KA;
- n° 2 Scomparti M.T. prefabbricati per il collegamento delle cabine di campo completi di sezionatori tripolari da 400 A – 36 kV 16 kA motorizzato con alimentazione a 220 V c.a, di interruttore automatico e segnalatore presenza tensione;
- n° 2 Scomparti M.T. prefabbricato per contenimento TV per misure;
- n° 1 Scomparti M.T. prefabbricato dedicato ai servizi ausiliari;

Il Quadro MT è in lamiera zincata ed elettrozincata/verniciata con grado di protezione IP2XC, composto da unità modulari e compatte ad isolamento in aria, equipaggiate con apparecchiature di interruzione e sezionamento isolate in SF6.

Caratteristiche tecniche:

- Tensione di isolamento 36 kV;
- Tenuta al corto circuito: 16 kA per 1 sec;
- Corrente nominale 630 A.

3.2.1. Trasformatore Servizi Ausiliari MT/bt

È previsto un trasformatore MT/bt, in esecuzione a giorno montato in box, completo di nucleo a colonna con giunti intercalati, lamierini a cristalli in carlyte, avvolgimenti in rame elettrolitico isolati con doppio smalto o carta di pura cellulosa, commutatore di tensione a 5 posizioni, dispositivi di protezione (termometro a due contatti e centralina di temperatura collegata con le termosonde inserite nei rispettivi avvolgimenti) ed isolatori a spina.

Caratteristiche tecniche:

- potenza nominale: 100 kVA;
- tensione primaria: $30 \pm 2 \times 2.5\%$ kV;
- tensione secondaria: 400 V
- gruppo vettoriale: Dyn11;
- tensione di corto circuito: 4%;
- accessori di montaggio.

3.2.1.1. Quadro Servizi Ausiliari in bassa tensione (QSA)

Per la protezione dei circuiti ausiliari è presente un Quadro Servizi Ausiliari. Il QSA è costituito da un quadro elettrico in corrente alternata in BT, preposto ad alimentare i servizi ausiliari della cabina di Consegna ed eventualmente alimentare, in emergenza, i servizi di una cabina di trasformazione.

Il Quadro di parallelo in corrente alternata in bassa tensione (tipo Power Center) è realizzato in carpenteria metallica da pavimento dotato di un sistema di pannelli frontali forati e fissati mediante viti, adatti a fornire un fronte quadro funzionale per ogni tipo di apparecchio. In esecuzione, esso ha le seguenti caratteristiche elettriche principali:

Armadio componibile a pavimento in lamiera di acciaio verniciata completo di struttura in metallo, pannelli laterali, pannelli frontali, piastre di fondo, anelli di sollevamento, porta con vetro trasparente, serratura di chiusura, sistema sbarre da 250A, barratura di terra, canalette ed accessori di montaggio. Dimensioni indicative (LxPxH) 1000x600x2250mm - IP30/IP20 interno. Corrente di c.to-c.to = 10 kA 1 sec.

3.2.2. Quadri Misure Fiscali (QMF e QMG)

I QMF e QMG sono costituiti da contatori bidirezionali di energia attiva/reattiva, comprensivi di dispositivo per la trasmissione remota dei dati acquisiti.

3.2.3. Power Plant Controller (PPC)

Il Power Plant Controller è un dispositivo usato per gestire gli impianti di produzione così da soddisfare i requisiti imposti dalla rete e dal suo gestore.

Esso servirà, tra gli altri, a valutare via via ed eventualmente limitare le potenze attiva e reattiva prodotte dall'impianto garantendo una migliore stabilità della rete e della potenza in uscita che, sarà, di fatto sempre compatibile con la potenza richiesta di connessione sul punto di interconnessione alla rete nazionale.

3.3. Collegamenti elettrici in bassa tensione

3.3.1. Dati nominali di impianto

Tensione nominale lato c.c.:	1500 V
Sistema di collegamento dei poli lato c.a.:	isolati
Tensione nominale lato c.a.:	800 V $\pm 5\%$
Frequenza nominale lato c.a.:	50 Hz $\pm 2\%$
Sistema di collegamento del neutro lato c.a.:	IT

3.3.2. Caratteristiche del cavo di bassa tensione

Per i collegamenti in corrente continua:

Cavo per posa in aria o in tubo:	FG21M21 ovvero H1Z2Z2-K
Materiale del conduttore	Rame
Tipo di conduttore	Flessibile classe 5
Materiale dell'isolamento	Gomma reticolata senza alogeni
Temperatura massima	90°C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Tensione nominale	1500 V c.c., 1000 V c.a.
Tensione massima	1800 V c.c., 1200 V c.a.

L'indicazione di due cavi equivalenti si rende necessaria in caso di indisponibilità da parte dei produttori, della prima soluzione.

Per i collegamenti in corrente alternata:

Cavo per posa in aria o in tubo:	ARG16(O)R16
Materiale del conduttore	Alluminio
Tipo di conduttore	Flessibile classe 5
Materiale del riempitivo	Termoplastico, penetrante tra le anime (multipolari)
Materiale dell'isolamento	gomma qualità G16
Guaina	PVC qualità R16
Temperatura massima	90°C in condizioni di esercizio normali 250°C in condizioni di corto circuito
Tensione nominale	0.6/1 kV c.a
Tensione massima	1.2 kV
Massima forza di tiro durante la posa	50 N/mm ²

Il cavo è inoltre conforme alla recente normativa CPR per la reazione al fuoco, ai sensi del regolamento 305/2011/UE.

3.3.3. Variazione della tensione con la temperatura per la sezione c.c.

Occorre verificare che in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici risultino essere verificate tutte le seguenti disuguaglianze:

$$V_{stringa}(T_{max}) \geq V_{MPPT_min_inverter}$$

$$V_{stringa}(T_{min}) \leq V_{MPPT_max_inverter}$$

$$V_{oc_stringa}(T_{min}) < V_{max_inverter}$$

dove:

$V_{stringa}(T_{max})$ =Tensione alla massima potenza, delle stringhe fotovoltaiche

$V_{MPPT_min_inverter}$ =Tensione minima per la ricerca del punto di massima potenza, da parte dell'inverter

$V_{MPPT_max_inverter}$ =Tensione massima per la ricerca del punto di massima potenza, da parte dell'inverter

$V_{oc_stringa}$ =Tensione di circuito aperto, delle stringhe fotovoltaiche

$V_{max_inverter}$ =Tensione massima in c.c. ammissibile ai morsetti dell'inverter

3.3.4. Portata dei cavi in regime permanente

La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore è calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante, indicato nella Tab. 52D della Norma CEI 64-8.

Le portate dei cavi in regime permanente relative alle condutture da installare sono verificate secondo le tabelle CEI-UNEL 35024, applicando ai valori individuati dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente. Nei casi di cavi con diverse modalità di posa è effettuata la verifica per la condizione di posa più gravosa.

Le sezioni dei cavi sono verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione alla corrente di normale utilizzo, secondo quanto riportato nelle Norme CEI 64-8. Le verifiche in oggetto sono effettuate mediante l'uso delle tabelle CEI-UNEL 35023.

La verifica per sovraccarico è stata eseguita utilizzando la relazione:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \text{ e } I_f \leq 1,45 I_Z$$

dove:

I_B = Corrente d'impiego del cavo

I_N = Portata del cavo in aria a 30°C, relativa al metodo d'installazione previsto nelle Tabelle I o II della Norma CEI-UNEL 35025

I_Z = Portata del cavo nella condizione d'installazione specificata (tipo di posa e temperatura ambiente)

I_f = Corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Per la parte in corrente continua, non protetta da interruttori automatici o fusibili nei confronti delle sovracorrenti e del corto circuito, I_B risulta pari alla corrente nominale dei moduli fotovoltaici in corrispondenza della loro potenza di picco, mentre I_N e I_f possono entrambe essere poste uguali alla corrente di corto circuito dei moduli stessi, rappresentando questa un valore massimo non superabile in qualsiasi condizione operativa. In assenza di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, la seconda relazione non risulta applicabile alla parte in corrente continua.

3.3.5. Protezione contro il corto circuito

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito è assicurata dalla presenza di un fusibile sulle stringhe, il quale limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale. Pertanto, avendo già tenuto conto di tali valori nel calcolo della portata dei cavi in regime permanente, anche la protezione contro il corto circuito risulta assicurata.

Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno di ciascun inverter.

3.3.6. Cadute di tensione

I cavi sono dimensionati facendo riferimento alle tabelle CEI UNEL 35364, 35747 e 35756 per i cavi in rame. Per i circuiti lato corrente continua le cadute di tensione sono state limitate entro l'1%. Allo stesso modo, anche per i circuiti lato corrente alternata le cadute di tensione sono state limitate entro l'1%. Tali valori includono anche le cadute di tensione nei quadri.

3.4. Collegamenti elettrici in media tensione e relativi calcoli

3.4.1. Dati nominali di impianto

Tensione nominale: 30 kV $\pm 5\%$
Frequenza nominale: 50 Hz $\pm 2\%$
Sistema di collegamento del neutro: isolato.

3.4.2. Caratteristiche del cavo di alta tensione

Cavo armato per posa direttamente interrata: ARG7H1E(X) 18/30(36)kV
Materiale del conduttore: Alluminio
Temperatura massima: 105°C in condizioni di esercizio normali
300°C in condizioni di corto circuito
Tensioni di riferimento 18/30 kV
Tensione nominale 30 kV
Tensione nominale massima di impiego 36 kV

3.4.3. Dimensionamento dei cavi di media tensione

Il dimensionamento dei cavi in media tensione, ovvero la determinazione della sezione ottimale, è eseguita tenendo in considerazione i seguenti parametri:

- modalità di installazione secondo le Norme IEC e CEI-UNEL
- temperatura di riferimento dell'aria 40°C
- temperatura di riferimento del terreno 20°C a 1 m di profondità
- resistività termica massima del terreno 1°K m/W

I suddetti dati sono in accordo a quanto indicato nell'appendice A della Norma CEI 20-21. Inoltre, per il dimensionamento dei cavi è utilizzata la loro corrente di impiego.

Pertanto, il dimensionamento dei cavi è realizzato considerando il seguente schema operativo:

- dimensionamento termico in riferimento alla massima temperatura sopportabile dall'isolamento dei cavi, nelle normali condizioni di esercizio e di corto circuito, definendo la corrente di impiego (I_b), la portata e considerando le reali condizioni di posa rispetto alle condizioni ideali di riferimento;
- verifica della caduta di tensione ammissibile;
- verifica della massima corrente di corto circuito sopportabile dal cavo.

3.4.4. Valori massimi ammissibili della caduta di tensione

La massima caduta di tensione ammissibile riferita, alla tensione nominale di funzionamento dell'impianto per ogni tipo di alimentazione è il 2%.

3.4.5. Tipi di installazione

In accordo alle modalità di installazione espresse dalla Norma CEI 11-17 i tipi di installazione previsti e adottati per l'impianto in esame sono:

Cavi unipolari e multipolari interrati direttamente nel terreno: tipo di installazione "L-M1-M2" per la Norma CEI 11-17.

Per i cavi unipolari si adotta la disposizione a trifoglio, con terne separate di una distanza pari a due volte il diametro esterno del cavo. I cavi tripolari vengono posati a una distanza pari al diametro esterno del cavo.

3.4.6. Calcolo della portata effettiva

La portata di un cavo (I_z) è determinata in base ai seguenti fattori:

- temperatura dell'ambiente circostante,
- presenza o meno di conduttori attivi adiacenti,
- reale tipo di installazione.

Normalmente le portate non corrette dei cavi sono riferite dalle Norme alla sottoindicata condizione di installazione di riferimento:

- 30°C come temperatura ambiente di riferimento per i cavi posati in aria,
- 20°C come temperatura ambiente di riferimento per i cavi interrati,
- assenza di conduttori attivi adiacenti a quello in esame.

Pertanto, verranno impiegati opportuni coefficienti di correzione per determinare l'effettivo valore della portata di un cavo (I'_z) riferita alle reali condizioni di posa.

Questi coefficienti saranno:

K1 coefficiente di correzione della temperatura ambiente (la temperatura ambiente è da intendersi come la temperatura riferita all'ambiente di posa)

K2 coefficiente di correzione per profondità di posa

K3 coefficiente di correzione per resistività del terreno diversa da 1 m °K/W.

K4 coefficiente di correzione per presenza di conduttori adiacenti

L'effettiva portata di un cavo sarà:

$$I'_z = I_z * K1 * K2 * K3 * K4$$

3.4.7. Dimensionamento e verifiche

Dimensionamento termico

I calcoli di dimensionamento termico dei cavi sono eseguiti per assicurare che la temperatura finale del cavo non superi la temperatura massima ammissibile per i componenti al fine di evitare un loro rapido deterioramento.

Il dimensionamento termico considera i seguenti fattori:

- temperatura di riferimento dell'aria ambiente 30°C
- temperatura di riferimento del suolo 20°C
- resistività termica del terreno 1°C m/W
- temperatura massima in condizioni di esercizio normali 105°C
- temperatura massima in condizioni di corto circuito 300°C
- tipo di conduttore alluminio
- tipo di isolamento HEPR
- tensione di riferimento 18/30 kV
- portata teorica dei cavi
- coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di posa.

Verifica della massima corrente di corto circuito sopportabile

La corrente ammissibile durante il corto circuito di un cavo è limitata dalla massima temperatura ammissibile per il conduttore e dalla durata del corto circuito.

Per i cavi isolati in mescola elastomerica reticolata di qualità HEPR la massima temperatura ammessa al termine del corto circuito è di 300°C.

La durata del corto circuito è in funzione del tempo di intervento delle protezioni che può essere stabilito in 500ms.

Il valore di corrente di corto circuito impiegato nei calcoli di verifica è assunto pari alla corrente di corto circuito ammissibile per il sistema di media tensione a 30 kV (16 kA). Viene trascurato il contributo dei motori asincroni di media e bassa tensione, in quanto essendo un fenomeno transitorio che si esaurisce in pochi periodi successivi all'insorgere del guasto, non ha influenza sul comportamento termico del cavo.

La corrente può essere determinata con la seguente formula:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}}$$

dove:

I_{cc} corrente di corto circuito (A)

S sezione del conduttore di rame (mm²)

t durata del corto circuito (tempo di intervento delle protezioni)

K coefficiente che dipende dalle caratteristiche del materiale conduttore e dalla differenza di temperatura all'inizio e alla fine del corto circuito.

Con temperatura del conduttore all'inizio di 105°C e alla fine del corto circuito di 300°C per conduttore di rame $K=143$, per conduttore di alluminio $K=87$.

La suddetta formula consente di verificare che la sezione scelta è in grado di sopportare la massima corrente di guasto prevista per il sistema di media tensione in esame in funzione del tempo di intervento delle protezioni rispettando i limiti ammissibili di temperatura.

Verifica della massima caduta di tensione

Il dimensionamento delle condutture elettriche deve essere tale da mantenere, in condizioni normali di esercizio, la caduta di tensione tra l'origine dell'impianto utilizzatore e qualunque apparecchio utilizzatore entro i limiti ammessi e definiti.

La caduta di tensione in linea è calcolata con la seguente formula:

$$\Delta V = K \times L \times I \times (R \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi)$$

nella quale:

L = lunghezza della linea espressa in km

I = corrente di impiego o corrente di taratura espressa in A

R = resistenza (a 80°) della linea in Ω

X = reattanza della linea in Ω

$\cos\varphi$ = fattore di potenza

k = 1,73 per linee trifasi.

Se un cavo di determinata sezione, calcolata secondo i criteri di dimensionamento espressi al paragrafo 6.7.3, soddisfa le verifiche esposte al paragrafo 6.7.7, si ritiene idoneo all'impiego nelle condizioni di posa specificate e per l'alimentazione dell'utenza in esame.

Dimensionamento linea di Connessione MT alla SSE

potenza impianto	32,64	MW
tensione	30	kV
corrente	628,90	A
lunghezza cavidotto	6580	m

cavo ARG7H1E(X) 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω/km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	2,1	3	0,3400	2,711%	2,705%
150	330	1,9	2	0,2770	3,313%	3,305%
185	373	1,7	2	0,2210	2,643%	2,637%
240	434	1,4	2	0,1690	2,021%	2,016%
300	489	1,3	2	0,1350	1,615%	1,611%
400	560	1,1	2	0,1060	1,268%	1,265%
500	639	1,0	1	0,0830	1,985%	1,981%
630	728	0,9	1	0,0660	1,579%	1,575%

Dimensionamento linea di connessione Feeder 1 MT

potenza feeder	16,6	MW
tensione	30	kV
corrente	319,84	A
lunghezza cavidotto	4700	m

cavo ARG7H1E(X) 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	1,1	2	0,3400	1,477%	1,474%
150	330	1,0	1	0,2770	2,407%	2,401%
185	373	0,9	1	0,2210	1,920%	1,916%
240	434	0,7	1	0,1690	1,469%	1,465%
300	489	0,7	1	0,1350	1,173%	1,170%
400	560	0,6	1	0,1060	0,921%	0,919%
500	639	0,5	1	0,0830	0,721%	0,720%
630	728	0,4	1	0,0660	0,574%	0,572%

Dimensionamento linea di connessione Feeder 2 MT

potenza feeder	13,3	MW
tensione	30	kV
corrente	256,26	A
lunghezza cavidotto	2950	m

cavo ARG7H1E(X) 18/30 kV						
sezione mmq	portata A	n. cavi x fase teorico	n. cavi x fase	resistenza cavo Ω /km	Perdite % sulla linea	Caduta tensione %
120	295	0,9	1	0,3400	1,486%	1,482%
150	330	0,8	1	0,2770	1,210%	1,208%
185	373	0,7	1	0,2210	0,966%	0,963%
240	434	0,6	1	0,1690	0,738%	0,737%
300	489	0,5	1	0,1350	0,590%	0,589%
400	560	0,5	1	0,1060	0,463%	0,462%
500	639	0,4	1	0,0830	0,363%	0,362%
630	728	0,4	1	0,0660	0,288%	0,288%

3.5. Rete di terra

Il sistema di terra comprende le maglie interrato intorno alle cabine, i collegamenti tra le cabine e i collegamenti equipotenziali per la protezione dai contatti indiretti. Ciascuna maglia di terra avrà un layout secondo quanto riportato nei disegni di progetto.

L'estensione della rete di terra, realizzata con tondino in acciaio interrato e collegata alle armature di fondazione, dovrebbe garantire un valore della resistenza di terra sufficientemente basso. Solo in caso di necessità in fase di collaudo, a posa e rinterro avvenuto, si procederà all'installazione di picchetti dispersori aggiuntivi.

Tutte le parti metalliche della sezione di impianto in corrente continua (quadri elettrici, SPD, strutture metalliche di sostegno) devono essere rese equipotenziali al terreno, mediante collegamento diretto alla piastra equipotenziale posta alla terminazione del cavo in rame nudo e del tondino in acciaio di risalita.

Tutte le parti metalliche della sezione di impianto in corrente alternata (convertitori, quadri elettrici, SPD, trasformatori) devono essere rese equipotenziali al terreno, mediante collegamento con il centro-stella dei trasformatori MT/bt, a loro volta messi a terra.

I collegamenti di terra sono eseguiti a "regola d'arte" da personale qualificato.

3.5.1. Descrizione della rete di terra

La rete di terra è realizzata con i seguenti componenti principali:

- Conduttori di terra costituito da tondino in acciaio inox di tipo V4A da 12 mm²
- (eventuale) picchetti dispersori a croce in acciaio zincato da 2 m, con i relativi pozzetti di ispezione in plastica

I conduttori di terra, ove prescritto, devono essere interrati appena possibile. Le connessioni elettriche interrato devono essere realizzate con morsetti a compressione. Le connessioni fuori terra devono essere realizzate con morsetti o con piastre di derivazione.

A distanza regolare devono essere realizzati dei pozzetti di derivazione per agevolare i collegamenti fuori terra. Tutte le connessioni devono essere realizzate con materiali resistenti alla corrosione.

3.5.2. Collegamenti di terra

STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI FOTOVOLTAICI

Ciascuna struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici deve essere collegata ai picchetti mediante un tondino in acciaio inossidabile di tipo V4A da 12 mm².

CONVERTITORI

Le parti metalliche non in tensione di ciascun convertitore devono essere collegate con il centro-stella isolato.

INVERTER DI STRINGA

Le parti metalliche non in tensione dell'inverter devono essere collegate con cavo giallo-verde alla struttura dei moduli o del rack inverter.

4 Sistema antiintrusione e di videosorveglianza

L'impianto agro-fotovoltaico sarà dotato di impianto di videosorveglianza gestito ed utilizzato dall'impresa appaltatrice. La videosorveglianza deve svolgersi nel rispetto dei diritti, delle libertà fondamentali, nonché della dignità delle persone fisiche, con particolare riferimento alla riservatezza e all'identità personale e nel rispetto dei principi di liceità, necessità e proporzionalità, disposti dal Garante della Privacy aggiornati ed integrati dall'ultimo provvedimento in materia di videosorveglianza attualmente vigente. L'installazione e l'attivazione del sistema di videosorveglianza ha lo scopo di:

- monitorare i luoghi e gli immobili di proprietà;
- prevenire eventuali atti di vandalismo, danneggiamento o furto del patrimonio aziendale;
- sicurezza a tutela degli stessi dipendenti e funzionari dell'Azienda.

Titolare, Responsabile e incaricato del trattamento dei dati

Il Titolare del trattamento dei dati è l'impresa appaltatrice, in persona dell'amministratore pro tempore. Sarà nominato apposito Responsabile e incaricato del trattamento dei dati, Responsabile della Privacy Aziendale che svolge attività di vigilanza manutenzione e utilizzo del sistema per il trattamento delle immagini e dati.

Modalità di trattamento dei dati

La raccolta, la registrazione, la conservazione e, in generale, l'utilizzo di immagini configura un trattamento di dati personali. È considerato dato personale, infatti, qualunque informazione relativa a persona fisica identificata o identificabile, anche indirettamente, mediante riferimento a qualsiasi altra informazione.

Caratteristiche tecniche e posizionamento delle telecamere

Le telecamere sono posizionate in corrispondenza degli ingressi. Il sistema si compone di 75 telecamere di tipo bullet e 14 telecamere di tipo dome che comunicano i dati a videoregistratori con tecnologia digitale, non interconnessi con altri sistemi, archivi o banche dati, né accessibili da altre periferiche.

Tale sistema è suscettibile di future implementazioni e adeguamenti alle eventuali esigenze.

Periodo di conservazione dei dati

La conservazione delle immagini, in applicazione del principio di proporzionalità deve essere commisurata al tempo necessario - e predeterminato - a raggiungere le finalità perseguite, deve essere limitata a poche ore o, al massimo, alle ventiquattro ore successive alla rilevazione, fatte salve speciali esigenze di ulteriore conservazione in relazione a festività o chiusura degli uffici, nonché nel caso in cui si dovesse aderire ad una specifica richiesta investigativa dell'autorità giudiziaria o di polizia giudiziaria. Il sistema impiegato deve essere programmato in modo da operare al momento prefissato; l'integrale cancellazione automatica delle informazioni deve avvenire allo scadere del termine previsto da ogni supporto, anche mediante sovra-registrazione, con modalità tali da rendere non riutilizzabili i dati cancellati.

Segnalazione delle telecamere

La segnalazione della videoregistrazione deve essere collocata prima e nelle vicinanze del raggio d'azione delle telecamere, il cartello deve inglobare un simbolo o una stilizzazione di esplicita e immediata comprensione, al fine di informare che le immagini sono visionate e registrate. Il Garante della Privacy indica l'utilizzo del modello semplificato di informativa "minima" indicando il Titolare del trattamento e la finalità perseguita (Motivi di sicurezza).

Accesso al sistema e misure di sicurezza a protezione del trattamento dei dati

Le registrazioni effettuate dalle telecamere sono conservate in appositi armadietti le cui chiavi sono custodite dal Responsabile incaricato della gestione del sistema. La necessità di garantire, in particolare, un livello elevato di tutela dei diritti e delle libertà fondamentali rispetto al trattamento dei dati personali, consente la possibilità di utilizzare sistemi di videosorveglianza, purché ciò non determini un'ingerenza ingiustificata nei diritti e nelle libertà fondamentali degli interessati. Naturalmente l'installazione di sistemi di rilevazione delle immagini deve avvenire nel rispetto, oltre che della disciplina in materia di protezione dei dati personali, anche delle altre disposizioni dell'ordinamento applicabili, quali ad es. le vigenti norme dell'ordinamento civile e penale in materia di interferenze illecite nella vita privata, sul controllo a distanza dei lavoratori ecc.

Detti interventi dovranno comprendere la fornitura e installazione di nuove telecamere, di nuovi sistemi di archiviazione e visualizzazione e della infrastruttura di rete necessaria al collegamento dei dispositivi.

Si prevede inoltre:

- l'inserimento di un server di visualizzazione e gestione archivi video presso il locale tecnico della centrale;
- il posizionamento, sempre all'interno del medesimo locale tecnico, del server di visualizzazione;
- la registrazione di immagini su DVR da telecamere digitali montate su palo.

A valere su tutte le telecamere, il posizionamento e inquadratura di ciascuna di esse dovrà essere definito sul posto. Per le telecamere sul perimetro esterno, e sui passi carrai, l'appaltatore dovrà prevedere la fornitura e installazione di pali e/o staffaggi idonei al fine di ottenere le inquadrature desiderate.

Telecamere su palo

Le telecamere saranno posizionate su pali. Di seguito si riportano le componenti necessarie alla realizzazione del sistema tipo:

- Pozzetto 50x50 plinto di fondazione per il palo;
- Eventuale illuminatore IR;
- Staffa supporto telecamera Dome;
- Telecamera Bullet con sensore di movimento a doppia tecnologia con sistema di protezione "pet immunity"

Centro di Gestione e Archiviazione

Il centro di gestione/visualizzazione sarà da installare presso il locale tecnico della Centrale e sarà così composto:

- n.1 sistema di visualizzazione composto da un server dotato di software per la visualizzazione in tempo reale delle immagini provenienti dalle telecamere (almeno 24 per schermata) e per la consultazione dello storico delle immagini registrate.
- Il server dovrà essere fornito di garanzia full risk di anni cinque. Al fine di adempiere alla normativa sul trattamento dei dati sensibili, l'accesso al sistema dovrà essere protetto da un sistema di autenticazione e identificazione biometrico basato su impronta digitale. Al fine di rendere più affidabile il sistema di identificazione, il lettore di impronta digitale non dovrà essere del tipo a "strisciamento", a semplice apposizione del dito sulla finestra di lettura. La risoluzione del lettore dovrà essere uguale o superiore ai 500dpi. Il lettore d'impronta digitale deve offrire funzioni di sicurezza avanzata (enrolment, trattamento e confronto di impronte digitali).

- n.1 monitor a colori
- sistema di registrazione immagini basato su n.6 NAS (Network Attached Storage) da almeno 2,5 terabyte ciascuno in tecnologia raid 5 (n.3 hard disk in raid 5 + 1 di spare). Ciascun Nas dovrà possedere 1 o più interfacce di rete di tipo gigabit ethernet RJ45. I sistemi dovranno essere forniti di garanzia full risk di anni cinque.
- gruppo di continuità del tipo on-line da almeno 3.000 VA e autonomia di 2 ore per montaggio a rack al fine di proteggere i 6 NAS + i server di visualizzazione da sbalzi di tensione e cadute di corrente. A tal fine il gruppo UPS dovrà, in caso di caduta di corrente, poter dare automaticamente comandi di shutdown ai server e ai sistemi di registrazione NAS al fine di chiudere correttamente i file.

Infrastruttura di rete IP dedicata alla TVCC

Per il collegamento delle telecamere al centro di gestione dovrà essere realizzata una infrastruttura di rete IP fisicamente separata dalle altre reti con partenza dal locale tecnico centrale.

Vista la notevole distanza delle telecamere dal punto di concentrazione, si prevedono diversi punti di partenza per i cavi in rame necessari al loro collegamento.

Ai fini della sicurezza del sistema sia lo switch centrale, sia quelli periferici dovranno essere configurati in modo tale da consentire l'accesso solamente a determinate utenze/dispositivi autorizzate/i. Ciò al fine di negare l'accesso alla rete TVCC da parte di utenti non autorizzati.

I nuovi switch dovranno essere adeguatamente protetti in armadi rack. A tal fine occorre prevedere l'installazione di due nuovi armadi a pavimento con porta anteriore trasparente e chiusura a chiave.

Essi dovranno essere completi dei seguenti accessori:

- montante laterale armadio a pavimento,
- coppia canali laterali per armadi con ganci passacavi in metallo, canalina di alimentazione 19" 6 prese + Interruttore magnetotermico,
- sistema di ventilazione da tetto a 3 ventole con termostato di gestione, gancio passacavi laterale, ripiano standard, kit di messa a terra;

L'appaltatore dovrà provvedere anche alla realizzazione dell'allacciamento elettrico dei nuovi armadi sopra citati. Dovranno essere realizzati dei collegamenti gigabit ethernet tramite la fornitura e posa di cavi a fibre ottiche multimodali OM3 che saranno attestati su nuovi cassette ottici per montaggio a rack 19" con terminazioni LC. La fibra ottica dovrà essere attestata con pig tail LC OM3 con giuntatrice ottica. Ogni fibra dovrà essere certificata in prima e seconda finestra con utilizzo di strumento OTDR e dovrà essere rilasciata la documentazione dei singoli test effettuati.

Con la documentazione dovrà essere rilasciata una tabella riportante le lunghezze ed attenuazioni delle singole fibre ottiche e il certificato di taratura dello strumento in corso di validità. La documentazione dovrà essere prodotta in formato cartaceo e su file.

Con la documentazione dovrà essere rilasciato il certificato di taratura dello strumento in corso di validità. La documentazione dovrà essere prodotta in formato cartaceo e su file.

5 Misure di protezione

5.1. Misure di protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi (canale o tubo a seconda del tratto) idoneo allo scopo. Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non risultano alloggiati in tubi o canali. Questi collegamenti, tuttavia, essendo protetti dai moduli stessi, non sono soggetti a sollecitazioni meccaniche di alcun tipo, né risultano ubicati in luoghi ove sussistano rischi di danneggiamento.

5.2. Misure di protezione contro i contatti indiretti

Sistema in corrente continua (IT) e rete di terra

Il sistema in corrente continua costituito dalle serie di moduli fotovoltaici e dai loro collegamenti agli inverter è un sistema denominato flottante, cioè senza punto di contatto a terra.

La protezione nei confronti dei contatti indiretti è assicurata, in questo caso, dalle seguenti caratteristiche dei componenti e del circuito:

- protezione differenziale $I_{\Delta N} \geq 30$ mA
- collegamento al conduttore PE delle carcasse metalliche.

Sistema in corrente alternata (IT)

L'inverter e quanto contenuto nei quadri elettrici c.a. sono collegati al sistema di terra dell'impianto e pertanto fanno parte del sistema elettrico TN di quest'ultimo.

La protezione contro i contatti indiretti è assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse;
- i dispositivi di protezione inseriti nel quadro di distribuzione b.t. intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 5 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V.

5.3. Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche

Fulminazione diretta

L'impianto fotovoltaico non influisce, in modo apprezzabile, sulla forma o volumetria e pertanto non aumenta la probabilità di fulminazione diretta sul sito.

Fulminazione indiretta

L'abbattersi di scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto può provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico, così da provocare sovratensioni in grado di mettere fuori uso i componenti tra cui, in particolare, gli inverter.

I terminali e i morsetti di ciascuna stringa fotovoltaica, lato corrente continua degli inverter, devono essere protetti internamente con scaricatori di sovratensione.

6 Montaggio componenti

I montaggi delle opere elettromeccaniche saranno eseguiti a "perfetta regola d'arte".

I montaggi meccanici per ciascun sottocampo consistono principalmente in:

- Montaggio delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- Montaggio dei moduli sulle strutture di sostegno;
- Posa in opera degli inverter;
- Posa in opera della Cabina di trasformazione MT/bt;

I montaggi elettrici per ciascun sottocampo consistono principalmente in:

- Collegamento elettrico dei moduli di ciascuna stringa;
- Posa dei cavi di collegamento tra le stringhe fotovoltaiche e gli inverter;
- Posa dei cavi di collegamento tra gli inverter e la cabina di trasformazione MT/bt;

- Posa dei cavi per la rete elettrica interna di distribuzione in MT
- Posa in opera della rete di terra;

I montaggi elettromeccanici generali consistono principalmente in:

- Posa in opera della Cabina di Raccolta MT, contenente quadri MT, trasformatore MT/bt dei servizi ausiliari, quadro Servizi ausiliari BT (QSA), quadro Raddrizzatore e due quadri di Misura Fiscali;
- Posa dei cavi delle linee della rete elettrica esterna di distribuzione in MT, mediante gli appositi cavidotti.

7 Collaudi e messa in servizio

I collaudi consistono in prove di tipo e di accettazione, da eseguire in officina, verifiche dei materiali in cantiere e prove di accettazione in sito.

7.1. Prove di tipo

I componenti che costituiscono l'impianto devono essere progettati, costruiti e sottoposti alle prove previste nelle norme ed alle prescrizioni di riferimento. Di ciascun componente devono essere forniti i certificati per le prove di tipo attestanti il rispetto della normativa vigente.

7.2. Prove di accettazione in fabbrica

Ove previsto, sono eseguite prove di accettazione a campione o sull'intera fornitura, atte a verificare il rispetto dei criteri di progettazione e i livelli di qualità richiesti. Tutti i materiali e le apparecchiature di fornitura devono essere corredati dai propri certificati di origine e garanzia.

7.3. Verifiche in cantiere

Prima del montaggio, tutti i materiali e le apparecchiature devono essere ispezionati e verificati, per accertare eventuali difetti di origine, rotture o danneggiamenti dovuti al trasporto.

Al termine delle opere, tutti i materiali e le apparecchiature devono essere ispezionati e verificati, per accertare eventuali danni, dovuti ai lavori, o esecuzioni non a "regola d'arte".

7.4. Prove di accettazione in sito

Congiuntamente all'Installatore/Appaltatore, sull'impianto fotovoltaico si eseguono le prove e i controlli di seguito elencati per ciascun sottocampo e/o per l'intero impianto, in base al programma di esecuzione dei lavori:

1. Esame a vista:

verifica che i componenti e i materiali corrispondano ai disegni e ai documenti di progetto, per quanto riguarda la quantità, la tipologia, il dimensionamento, la posa in opera e l'assenza di danni o difetti visibili di fabbricazione;

2. Verifica delle opere civili:

verifica della buona esecuzione delle opere civili e delle finiture, secondo i disegni e i documenti di progetto.

3. Verifica delle opere meccaniche:

verifica della buona esecuzione dei montaggi meccanici e del corretto allineamento delle strutture, secondo i disegni e i documenti di progetto; verifica del serraggio della bulloneria, della corretta posa in opera dei quadri e delle apparecchiature; verifica delle misure di protezione contro insetti e roditori;

4. Verifica della rete di terra:

verifica della corretta esecuzione della rete di terra, mediante i pozzetti di ispezione, in accordo con i disegni e i documenti di progetto; misura della resistenza di terra: se il valore è superiore a 10Ω , l'Appaltatore deve aggiungere ulteriori picchetti e corda di rame, fino ad ottenere il valore richiesto;

5. Verifica dei collegamenti di terra:

verifica della corretta esecuzione dei collegamenti a terra di tutte le parti metalliche non in tensione e degli scaricatori nei quadri elettrici;

6. Verifica dei collegamenti elettrici:

verifica della corretta esecuzione dei cablaggi e delle marcature dei cavi, secondo i disegni e i documenti di progetto; controllo del serraggio dei cavi nei rispettivi morsetti e del corretto serraggio di pressacavi e raccordi;

7. Prove strumentali sugli impianti elettrici

- Prova di isolamento verso terra
- Misura della resistenza di isolamento del sottocampo fotovoltaico
- Misura delle tensioni e delle correnti del sottocampo fotovoltaico
- Verifica degli strumenti di misura

8 Valutazione energetica

La valutazione relativa alla produzione di energia elettrica dell'impianto agrivoltaico è effettuata sulla base dei dati climatici di cui al capitolo 4, della configurazione di impianto descritta al capitolo 5 e delle caratteristiche tecniche dei vari componenti riportati al capitolo 6.

Nella seguente sono riportati i dati di produzione stimati su base annua.

Non sono stati considerati:

- interruzioni di servizio,
- interruzioni per manutenzione,
- perdite di efficienza dovute all'invecchiamento,

La producibilità annua per l'impianto da 32.642 kWp è pari a 59.704.238 kWh/anno

L'installazione dell'impianto agrivoltaico permette di ridurre le emissioni di anidride carbonica per la produzione di elettricità; considerando un valore caratteristico della produzione termoelettrica italiana pari a 836 g di CO₂ emessa per ogni kWh prodotto (dati Rapporto ambientale 2013 -ENEL), si può stimare il quantitativo di emissioni evitate:

Emissioni di CO₂ evitate in un anno: 49.912,74 ton

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]. Questo coefficiente individua le **T.E.P.** (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica. 1 TEP equivale al risparmio di 5.347kWh nel caso di energia elettrica, a 11.628kWh per l'energia termica e 1.200 m³ di gas naturale. In termini ambientali, invece, 1 TEP rappresenta 2,4 tonnellate di CO₂ emesse nell'atmosfera che a loro volta richiedono il lavoro di 200 alberi per essere ripulita.

Considerato che un impianto fotovoltaico di 1 kWp è in grado di generare in un anno 1.000/1.500 kWh/kWp risulta che ogni kWp di potenza installata genera un risparmio annuo di 0,2/0,3 TEP, quindi un risparmio di 6/9 TEP nei 30 anni di vita media.

Per calcolare i TEP di risparmio ottenibili con l'installazione di un impianto fotovoltaico la normativa ci mette a disposizione una semplice formula:

$$\text{RISPARMIO netto in TEP} = (\text{kWp} \times H_{qe} \times K \times 0,187 \times 3,36) / 1.000$$

dove:

- *kWp* è la potenza dell'impianto (**32.642 Kw**);
- *H_{qe}* è il numero di ore annue equivalenti indicate in una tabella fornita. Valore variabile in base alla città in cui si trova l'impianto FV (**1.250 h/anno** per la provincia di Foggia);
- *K* è un coefficiente che varia in base all'inclinazione dei moduli fotovoltaici. Se l'inclinazione è meno di 70°, è uguale a **1**.

Dunque, si può stimare che l'impianto oggetto di studio potrà contribuire (in fase di esercizio) alla riduzione delle tonnellate equivalenti di petrolio:

Riduzione TEP pari a 25.638 TEP/anno

9 Normativa di riferimento

Per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni:

- DL 81/2008: *Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro*
- DM 37/08: *Dichiarazioni di conformità impianti*
- DM 19/05/2010: *Modifica degli allegati al DM 22 gennaio 2008, n. 37*
- DPR 151/2011: *Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi*

Per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici:

- Legge 186/68: *Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici*
- DM 14 gennaio 2008: *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*
- Circ. 4 luglio 1996: *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi"*
- CEI 0-2: *Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici*
- CEI 0-3: *Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità e relativi allegati per la legge n. 46/90*
- 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 EN 61936-1: *Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.*
- CEI EN 50522: *Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata*
- CEI 11-28: *Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione*
- CEI 13-4;Ab: *Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica*
- CEI EN 60076-11: *Trasformatori di potenza Parte 1: Generalità*
- CEI EN 50588-1: *Trasformatori di media potenza a 50Hz, con U_{max} per l'apparecchiatura non superiore a 36kV Parte 1: Prescrizioni generali*
- CEI-UNEL 35011;V2: *Cavi per energia e segnalamento Sigle di designazione*
- CEI EN 50618: *Cavi elettrici per impianti fotovoltaici*

- CEI-UNEL 3535;Ab3: *Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V*
- CEI-UNEL 357;Ab2: *Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V*
- CEI IEC 60287-1-1/A1: *Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente Parte1-1: Equazioni per il calcolo della portata di corrente (fattore di carico 100 %) e calcolo delle perdite – Generalità*
- CEI IEC 60287-3-1: *Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente Parte 3-1: Condizioni operative - Condizioni di riferimento del sito*
- CEI IEC 60287-3-2: *Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente Parte 3-2: Condizioni di servizio - Ottimizzazione economica della sezione del conduttore dei cavi*
- 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 64-8/7 sezione 712: *Sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione*
- CEI 81-3;Ab: *Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico*
- CEI 82-25; V1-V2: *Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione*
- CEI EN 50524: *Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici*
- CEI EN 50461: *Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino*
- CEI EN 60099-1;Ab: *Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata*
- CEI EN 61439-1: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali*
- CEI EN 61439-1/EC: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali*
- CEI EN 61439-3: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)*
- CEI EN 61439-1: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 1: Regole generali*
- CEI EN 61439-6: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 6: Condotti sbarre*

- CEI EN 61439-3/EC: *Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)*
- CEI EN 60445: *Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico*
- CEI EN 60529/EC: *Gradi di protezione degli involucri (codice IP)*
- CEI EN 60555-1: *Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili Parte 1: Definizioni*
- CEI EN 60904-1: *Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente*
- CEI EN 60904-2: *Dispositivi fotovoltaici Parte 2: Prescrizioni 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*
- CEI EN 60909-0: *Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata Parte 0: Calcolo delle correnti*
- CEI EN IEC 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 61215-1: *Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1: Prescrizioni per le prove*
- CEI EN 61215-1-1: *Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-1: Prescrizioni particolari per le prove di moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino*
- CEI EN 61215-1-2: *Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-2: Requisiti particolari per la prova dei moduli fotovoltaici (FV) a film sottile in tellururo di cadmio (CdTe)*
- CEI EN 61215-1-3: *Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-3: Requisiti particolari per la prova dei moduli fotovoltaici (FV) a film sottile in silicio amorfo*
- CEI EN 61215-1-4: *Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-4: Requisiti particolari per la prova dei*

- moduli fotovoltaici (FV) a film sottile in seleniuro di rame-indio-gallio (CIGS) e in seleniuro di rame-indio (CIS)*
- CEI EN 61215-2: *Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 2: Procedure di prova*
 - CEI EN 61724: *Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati*
 - CEI EN 61724-1: *Prestazioni dei sistemi fotovoltaici Parte 1: Monitoraggio*
 - IEC 61727:2004 : *Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface*
 - CEI EN IEC 61730-1: *Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione*
 - CEI EN IEC 61730-1/EC: *Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione*
 - CEI EN 61730-2/A1: *Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Prescrizioni per le prove*
 - CEI EN 61829: *Campo fotovoltaico (FV) - Misura in sito delle caratteristiche I-V*
 - CEI EN 62053-21/A1: *Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2)*
 - CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): *Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3)*
 - CEI EN 62093 (CEI 82-24): *Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali*
 - CEI EN 62108: *Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione. Qualifica del progetto e approvazione di tipo*
 - CEI IEC/TS 62271-210: *Apparecchiatura ad alta tensione Parte 210: Qualificazione sismica per apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico e con involucro isolante per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso*
 - CEI EN 62305-1: *Protezione contro i fulmini Parte 1: Principi generali*
 - CEI EN 62305-1/EC: *Protezione contro i fulmini Parte 1: Principi generali*
 - CEI EN 62305-2: *Protezione contro i fulmini Parte 2: Valutazione del rischio*
 - CEI EN 62305-2/EC: *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 EN 62305-4/EC: *Protezione contro i fulmini Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture*
- IEC 60364-7-712:2017: *Low voltage electrical installations - Part 7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems*
- UNI 10349: *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.*
- Guida CEI 82-25;V2: *Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione*

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, purché vigenti, anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili.



Il Tecnico
Ing. Renato Pertuso