

Regione
**EMILIA
ROMAGNA**

Provincia di
Ravenna

Progetto per la
realizzazione di un
impianto fotovoltaico,
denominato **"Fossatone"**,
con potenza nominale di
64.674,48 kW da realizzarsi
nei Comuni di **Massa
Lombarda, Lugo, Conselice**

Comune di
**Massa
Lombarda**

Comune di
Lugo

Comune di
Conselice

C-r16
CONNESSIONE

REV 01

**DISCIPLINARE
DESCRITTIVO E
PRESTAZIONALE**

data 03/04/2026

RICHIEDENTE

STM26 srl

Via Nenni 6E, Imola (BO)

COORDINAMENTO

STEMM
Sviluppo e Progettazione
www.stemm.solar

Via Nenni 6E, Imola (BO)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Progetto agronomico



**UNISG Università degli Studi di scienze
gastronomiche di Pollenzo (CN)**

Progetto elettrico

Rodolfo Ciani

ING. ELETTRICO Via Leonardo da Vinci, 7 - 47122 FORLÌ
Tel: 349 2669483 - Fax: 0543 404810

Progetto strutturale

Giovanni Cancian

ING. CIVILE Via Largo Trieste, 74/d - 30029 S. STINO DI LIVENZA
Tel: 338 4193110 studiocancian@virgilio.it

Verifica compatibilità idraulica

Marco Lasen

ING. CIVILE Via Delle Alte, 60 - 31044 MONTEBELLUNA
Tel: 3477288783 marco.lasen@gmail.com

Valutazione di Impatto ambientale



TERRA srl
Consulenza ambientale-Pianificazione-Ingegneria forestale
Galleria Progresso, 5 San Donà di Piave 30027 - VE
www.terrasrl.com info@terrasrl.com tel. 0421 332784

Valutazione paesaggistica



DOTT. AGR. ANNA LETIZIA MONTI
Agronomo del paesaggio
Viale Oriani 42/2 - 30020 BOLOGNA
studio@annaletiziamonti.it

Verifica preventiva interesse archeologico



DOTT. CHRISTIAN PELACCI
Archeologo

Coordinamento progettuale richiesta A.U.



DANIELE BECCARO
Architetto
Corso Milano, 94 - 35139 PADOVA
arch.danielebeccaro@gmail.com

PROFESSIONISTI

Dott. Ing. Agide Maria Borelli

Loc. Valle Benedetta n.23 - 14100 ASTI (AT)

P.IVA: 01219240056 · PEC: agidemaria.borelli@ingpec.eu



Proprietà riservata. È vietata la riproduzione totale e parziale e/o la comunicazione a terzi del presente elaborato e calcolo ad esso relativo che non siano espressamente autorizzate. In mancanza di rispetto gli interessati si riservano il diritto di procedere a termini di legge.

File: C-R16-Disciplinare.AT.pdf

INDICE

1. OGGETTO	4
1.1. Dati generali di progetto	5
2. INQUADRAMENTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	7
2.1. Parco FV Fossatone.....	7
2.2. Inquadramento cavidotti MT	8
2.3. Inquadramento Sottostazione Utente (SSU).....	8
2.4. Inquadramento opere di rete per la connessione.....	8
3. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO	10
3.1. Leggi e Decreti	10
3.2. Eurocodici	10
3.3. Altri Documenti	10
3.4. Legislazione e normativa nazionale in ambito civile e strutturale	11
3.5. Legislazione e normativa nazionale in ambito elettrico	11
3.6. Sicurezza Elettrica	11
3.7. Parte Fotovoltaica	12
3.8 Quadri elettrici.....	13
3.9 Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti	13
3.10 Cavi, cavidotti e accessori.....	14
3.11 Conversione della potenza	15
3.12 Scariche atmosferiche e sovratensioni.....	15
3.13 Dispositivi di potenza	15
3.14 Compatibilità elettromagnetica	16
3.15 Energia solare	16
3.16 Sistemi di misura dell'energia elettrica	17
4. COMPONENTI PRINCIPALI SISTEMA ELETTRICO	18
4.1. Descrizione generale	18
4.2. Elettrodotti interrati	18
4.2.1. Caratteristiche tecniche comuni.....	19
4.2.1.1. Composizione tipica d'un elettrodotto in cavo	19
4.2.1.2. Conduttore di Energia.....	19
4.2.1.3. Giunzioni	19
4.2.1.4. Terminali	20
4.3. TRASFORMATORE AT/MT	22
5. COMPONENTI PRINCIPALI SISTEMA ELETTRICO	23
5.1 Allestimento cantiere	23
5.2 Scavi e movimenti terra.....	23
5.3 Recinzione.....	24
5.4 Cancelli di accesso	24
5.5 Cabine elettriche.....	24
6 COLLAUDO E SPECIFICHE PRESTAZIONALI D'IMPIANTO	25
6.1 Collaudo	25
6.2 Valutazione delle prestazioni	25
6.3 Misure dell'irraggiamento solare e della temperatura di lavoro dei moduli	26

1. OGGETTO

In linea con gli indirizzi di politica energetica nazionale ed internazionale relativi alla promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, STEMM SRL si propone di avviare un progetto per la realizzazione di un "impianto di generazione da fonte rinnovabile (fotovoltaica)".

Nell'ambito di questo progetto, si propone la realizzazione di:

- Un impianto fotovoltaico della potenza installata pari a circa 64,68 MWp (potenza in immissione pari a 58,56 MW);
- Cavi interrati MT 30 kV per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dal campo fotovoltaico fino alla cabina di raccolta MT ubicata nella Sottostazione Utente e da questa al trasformatore MT/AT;
- Una Sottostazione Utente a 132 kV con 1 stallo di trasformazione AT/MT ed uscita mediante linea in cavo;
- Un cavidotto AT interrato, per la connessione della SSE Utente alla nuova Stazione Elettrica Terna, della lunghezza di circa 12 km;
- Uno stallo di trasformazione AT/MT connesso ad un sistema di doppie sbarre a 132 kV, che si configura come opere di rete per la connessione.

Al fine di cedere energia elettrica alla rete (si tratta di un impianto grid-connected) è prevista una connessione in AT 132 kV alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) così come inoltrato a Terna per la richiesta di connessione. Le aree in oggetto sono nella disponibilità della STEMM SRL.

Di seguito si riportano tutti gli elementi necessari alla completa definizione del progetto.



Figura 1 Area oggetto dell'intervento

1.1. Dati generali di progetto

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto

Tabella 1: Tabella sinottica dati di progetto

STEMM SRL	
Luogo di installazione:	Parco FV: Via Casazze, Comune Massa Lombarda, Provincia Ravenna; Via Brusa, Comune di Lugo, Provincia di Ravenna; SSE Utente: Via Casazze, Comune Massa Lombarda, Provincia Ravenna;
Denominazione impianto:	Parco FV: Fossatone
Dati area di progetto:	Parco FV: Comuni di Massa Lombarda e Lugo
Potenza di picco (MW):	Potenza di picco: 64.678,48 kWp;
Informazioni generali del sito:	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento. Il cavidotto passerà per la maggior parte Su strade sterrate e/o asfaltate di proprietà pubblica.
Impatto visivo:	Impatto visivo contenuto con inserimento dei moduli FV in strutture di sostegno a bassa visibilità.
Connessione:	Linea di alimentazione Campo-Sottostazione Stazione Terna 30 kV Interfacciamento alla rete 132 kV mediante TERNA
Tipo strutture di sostegno:	strutture in materiale metallico e zincate a caldo
Inclinazione piano dei moduli (Tilt):	vedi elaborato tipico installazione pannelli
Azimut di installazione:	vedi elaborato tipico installazione pannelli
Caratterizz. -urbanistico/vincolistica:	Piano Regolatore Territoriale dei Comuni di Lugo, Massa Lombardo e Conselice
Rete di collegamento:	MT 30 kV AT 132 kV
Coordinate SE Terna (approssimate)	44°28'43.3"N 11°44'12.6"E
Coordinate SSE Utente	44°29'01.6"N 11°51'02.0"E
Coordinate parco FV	44°29'03.8"N 11°51'07.5"E

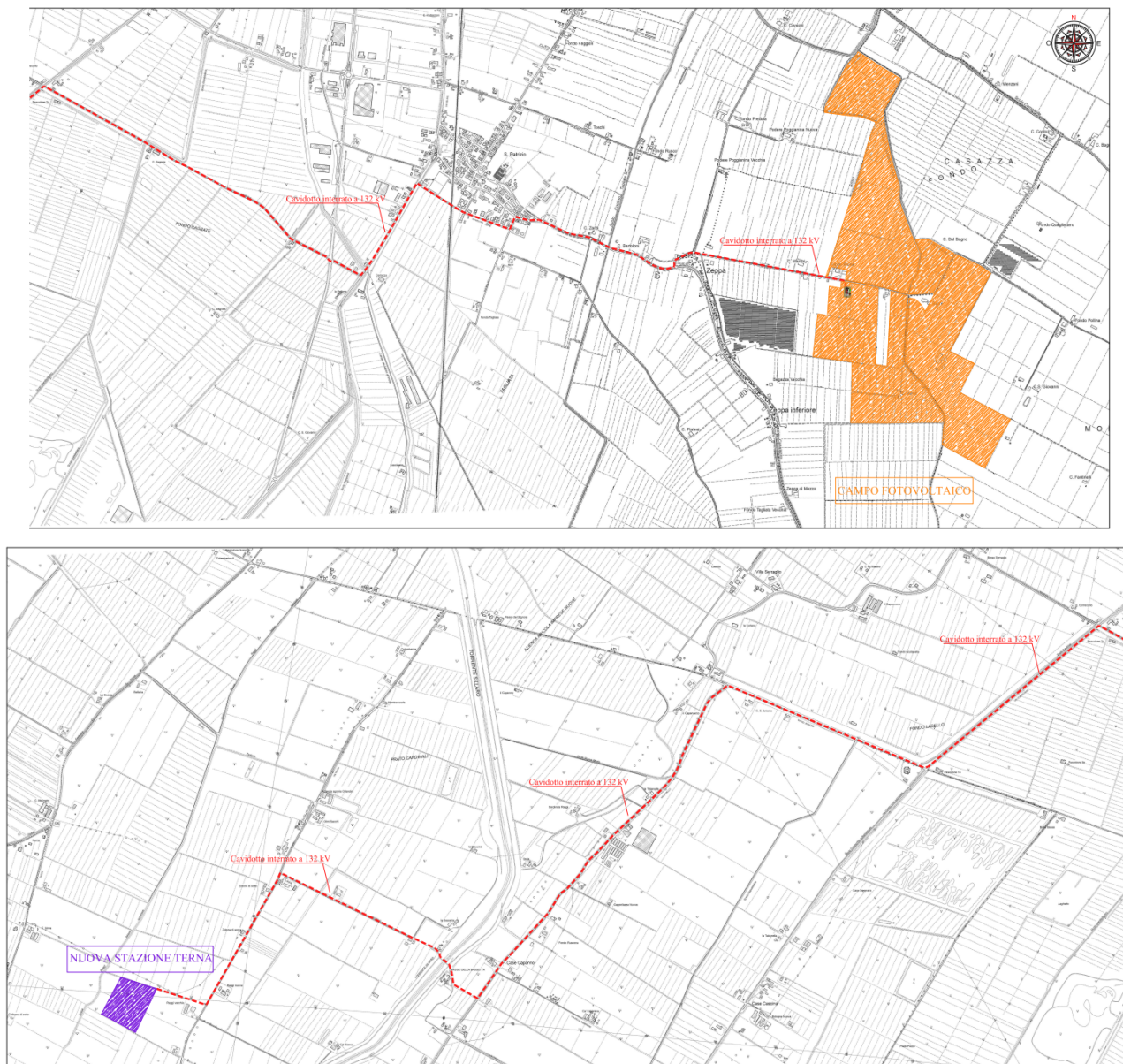


Figura 2: Geolocalizzazione degli interventi

2. INQUADRAMENTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione dell'impianto fotovoltaico da realizzarsi nei comuni di Lugo (RA), Massa Lombarda (RA) e Conselice (RA).

2.1. Parco FV Fossatone



Figura 3: Parco FV

Le aree selezionate per il Progetto Fotovoltaico insistono su terreni nella piena disponibilità di STEMM srl. In generale, l'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo in quanto presenta una buona esposizione alla radiazione solare ed è facilmente accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

2.2. Inquadramento cavidotti MT

Il parco FV di Fossatone verrà connesso alla sezione MT della Sottostazione Elettrica Utente per mezzo di elettrodotti in cavo interrato da 30 kV. Il tracciato degli elettrodotti interrati è stato studiato al fine di assicurare il minor impatto possibile sul territorio.

I cavi transiteranno verosimilmente all'interno del campo fotovoltaico situato nei comuni di Lugo (RA), Massa Lombarda (RA) e Conselice (RA).

Si prevede di utilizzare cavi unipolari ARG7H1E(X) 18/30 kV 240 mm² da ogni cabina di trasformazione (SKID) in quanto la loro guaina maggiorata funge da protezione meccanica per la posa interrata come previsto dalla norma CEI 11-17. Vista l'elevata potenza installata nel campo fotovoltaico di Fossatone (58,56 MW), valutare la necessità di prevedere un collegamento su più terne in maniera tale da non oltrepassare i limiti di sovraccarico termico e di caduta di tensione ai capi della linea. Si prevede di ubicare tutte le terne necessarie all'interno della medesima trincea in maniera tale da minimizzare l'impatto sul territorio e sui costi di scavo. Le terne saranno inoltre opportunamente distanziate in maniera tale da diminuire, per quanto possibile, la mutua influenza termica delle medesime.

2.3. Inquadramento Sottostazione Utente (SSU)

La Sottostazione Utente sarà realizzata all'interno dell'impianto Fotovoltaico "Fossatone", occupando un'area grossolanamente quadrata di circa 1500 mq.

All'interno della suddetta area saranno ubicate:

- Cabina MT per la raccolta dei cavidotti MT 30 kV provenienti dal parco FV e per il collegamento del trasformatore MT/AT;
- Uno stallo di trasformazione 132/30 kV con uscita mediante linea in cavo interrato;
- Partenza cavo 132 kV per il collegamento interrato alla SE Terna;

La Sottostazione Utente sarà costituita da n. 1 sezione gestita dal produttore, con lo scopo principale di innalzare la tensione in uscita dall'impianto fino a 132 kV.

La Sottostazione Utente sorgerà nell'area delimitata dal campo (Foglio 9, mappale n. 135 – Comune di Massa Lombarda) e sarà allacciata alla rete AT mediante connessione in uscita in cavo.

2.4. Inquadramento opere di rete per la connessione

L'impianto di rete per la connessione dell'impianto "Fossatone" ha origine dallo stallo AT della Sottostazione Utente, prosegue per mezzo di un elettrodotto AT in cavo interrato da 132 kV e termina presso i terminali dello stallo dedicato presso la nuova Stazione Elettrica Terna.

Il tracciato degli elettrodotti interrati è stato studiato al fine di assicurare il minor impatto possibile sul territorio, prevedendo il percorso all'interno delle sedi stradali esistenti.

I cavi transiteranno verosimilmente all'interno dei comuni di Massa Lombarda (RA), Conselice (RA) sino al terreno dove si erigerà la nuova Stazione Elettrica Terna.

Si prevede di utilizzare cavi unipolari BRUGG XDRCU-ALT 220/127 kV 1600 mm² in quanto la loro guaina maggiorata funge da protezione meccanica per la posa interrata come previsto dalla norma CEI 11-17.

In caso di interferenza con infrastrutture di una certa entità, si dovrà prevedere il loro superamento per mezzo di Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).

Nello stesso scavo verrà steso anche un ulteriore tri-tubo in PVC di sezione minima 50 mm per la posa di Fibre ottiche a servizio dell'impianto.

La Stazione di nuova costruzione fungerà da diramazione delle linee esistenti a 132 kV, e permetterà il collegamento del campo fotovoltaico "Fossatone", per mezzo di stallo dedicato da prevedersi all'interno della stessa Stazione Elettrica.

Lo schema di questo stallo può essere desunto da quelli presenti dell'allegato A.2 del Codice di Rete Terna.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto a 132 kV per il collegamento in antenna del Vs. impianto sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 132 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

3. DOCUMENTI E NORME DI RIFERIMENTO

3.1. Leggi e Decreti

- Direttiva Macchine 2006/42/CE
- "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" indicate dal DM del 17 gennaio 2018, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale il 20 febbraio 2018, in vigore dal 22 marzo 2018, con nota n. 3187 del Consiglio superiore dei Lavori pubblici (Cslpp) del 21 marzo 2018 e relative circolari applicative della norma.

3.2. Eurocodici

- UNI EN 1991 (serie) Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture;
- UNI EN 1994 (serie) Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo;
- UNI EN 1998 (serie) Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica;
- UNI EN 1999 (serie) Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture di alluminio.

3.3. Altri Documenti

Esistono inoltre documenti (e.g. istruzioni CNR) che non hanno valore di normativa, ma a cui i Decreti Ministeriali fanno espressamente riferimento:

- CNR 10022/84 Costruzioni di profilati di acciaio formati a freddo;
- CNR 10011/97 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- CNR 10024/86 Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo;
- CNR-DT 207/2008, "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

Eventuali normative non elencate, se mandatarie per la progettazione del sistema possono essere riferenziate. In caso di conflitto tra normative e leggi applicabili, il seguente ordine di priorità dovrà essere rispettato:

- Leggi e regolamenti Italiani;
- Leggi e regolamenti comunitari (EU);
- Documento in oggetto;
- Specifiche di società (ove applicabili);
- Normative internazionali.

3.4. Legislazione e normativa nazionale in ambito civile e strutturale

- Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018";
- Legge 5.11.1971 N° 1086 - (norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica);
- CNR-UNI 10021- 85 - (Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione);
- D.M. 15 luglio 2014 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, l'installazione e l'esercizio delle macchine elettriche fisse con presenza di liquidi isolanti combustibili in quantità superiore ad 1 m³".

3.5. Legislazione e normativa nazionale in ambito elettrico

- D. Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 e s.m.i. (Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro);
- CEI EN 50110-1 (Esercizio degli impianti elettrici);
- CEI 11-27 (Lavori su impianti elettrici);
- CEI 0-10 (Guida alla manutenzione degli impianti elettrici);
- CEI 82-25 (Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione);
- 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 UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- CEI EN 60445 (CEI 16-2) Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori.

3.6. Sicurezza Elettrica

- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- 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 (Sez.712) - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari;
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario;
- CEI 64-14 Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori;
- IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects;
- IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1) Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

- CEI 64-57 Edilizia ad uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici - Impianti di piccola produzione distribuita;
- CEI EN 61140 (CEI 0-13) Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature;
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.

3.7. Parte Fotovoltaica

- ANSI/UL 1703:2002 Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels;
- IEC/TS 61836 Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22) Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;
- CEI EN 50461 (CEI 82-26) Celle solari - Fogli informativi e dati di prodotto per celle solari al silicio cristallino;
- CEI EN 50521(82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;
- CEI EN 60891 (CEI 82-5) Caratteristiche I-V di dispositivi fotovoltaici in Silicio cristallino – Procedure di riporto dei valori misurati in funzione di temperatura e irraggiamento;
- CEI EN 60904-1 (CEI 82-1) Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione;
- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2) Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizione per i dispositivi solari di riferimento;
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3) Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura dei sistemi solari fotovoltaici (PV) per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 60904-4 (82-32) Dispositivi fotovoltaici - Parte 4: Dispositivi solari di riferimento - Procedura per stabilire la tracciabilità della taratura;
- CEI EN 60904-5 (82-10) Dispositivi fotovoltaici - Parte 5: Determinazione della temperatura equivalente di cella (ETC) dei dispositivi solari fotovoltaici (PV) attraverso il metodo della tensione a circuito aperto;
- CEI EN 60904-7 (82-13) Dispositivi fotovoltaici - Parte 7: Calcolo della correzione dell'errore di disadattamento fra le risposte spettrali nelle misure di dispositivi fotovoltaici;
- CEI EN 60904-8 (82-19) Dispositivi fotovoltaici - Parte 8: Misura della risposta spettrale di un dispositivo fotovoltaico;
- CEI EN 60904-9 (82-29) Dispositivi fotovoltaici - Parte 9: Requisiti prestazionali dei simulatori solari;
- CEI EN 60068-2-21 (91-40) 2006 Prove ambientali - Parte 2-21: Prove - Prova U: Robustezza dei terminali e dell'interconnessione dei componenti sulla scheda;
- CEI EN 61173 (CEI 82-4) Protezione contro le sovratensioni dei sistemi fotovoltaici (FV) per la produzione di energia – Guida;
- CEI EN 61215 (CEI 82-8) Moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino per applicazioni terrestri – Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

- CEI EN 61646 (CEI 82-12) Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri – Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 61277 (CEI 82-17) Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica – Generalità e guida;
- CEI EN 61345 (CEI 82-14) Prova all'UV dei moduli fotovoltaici (FV);
- CEI EN 61683 (CEI 82-20) Sistemi fotovoltaici - Condizionatori di potenza - Procedura per misurare l'efficienza;
- CEI EN 61701 (CEI 82-18) Prova di corrosione da nebbia salina dei moduli fotovoltaici (FV);
- CEI EN 61724 (CEI 82-15) Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI EN 61727 (CEI 82-9) Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- CEI EN 61829 (CEI 82-16) Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in Silicio cristallino – Misura sul campo delle caratteristiche I-V;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24) Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 62108 (82-30) Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) – Qualifica del progetto e approvazione di tipo

3.8 Quadri elettrici

- CEI EN 61439-1 (CEI 17-113) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1: Regole Generali;
- CEI EN 61439-2 (CEI 17-114) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 2: Quadri di potenza;
- CEI EN 61439-3 (CEI 17-116) 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 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.

3.9 Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante;

- CEI 11-20, V2 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro-generatori;
- CEI EN 50110-1 (CEI 11-48) Esercizio degli impianti elettrici;
- CEI EN 50160 (CEI 8-9) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica.

3.10 Cavi, cavidotti e accessori

- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- CEI 20-14 Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV;
- CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata;
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione;
- CEI 20-65 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
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV;
- CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici;
- CEI EN 50086-1 (CEI 23-39) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte Prescrizioni generali;
- CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi; Parte 2 - Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati;
- CEI EN 50262 (CEI 20-57) Pressacavo metrici per installazioni elettriche;
- CEI EN 60423 (CEI 23-26) Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori;
- CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali;
- CEI EN 61386-21 (CEI 23-81) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori;
- CEI EN 61386-22 (CEI 23-82) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori;
- CEI EN 61386-23 (CEI 23-83) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche; Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori.

3.11 Conversione della potenza

- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione;
- CEI EN 60146-1-1 (CEI 22-7) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali;
- CEI EN 60146-1-3 (CEI 22-8) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori;
- CEI UNI EN 45510-2-4 (CEI 22-20) Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4. Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza.

3.12 Scariche atmosferiche e sovratensioni

- CEI EN 50164-1 (CEI 81-5) Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione;
- CEI EN 61643-11 (CEI 37-8) Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove;
- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali;
- CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio;
- CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

3.13 Dispositivi di potenza

- CEI EN 50123 (serie) (CEI 9-26 serie) Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua;
- CEI EN 50178 (CEI 22-15) Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza;
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata;
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua;
- CEI EN 60947-1 (CEI 17-44) Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali;
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 2: Interruttori automatici;
- CEI EN 60947-4-1 (CEI 17-50) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori – Contattori e avviatori elettromeccanici.

3.14 Compatibilità elettromagnetica

- CEI 110-26 Guida alle norme generiche EMC;
- CEI EN 50263 (CEI 95-9) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i rele di misura e i dispositivi di protezione;
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2) Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione;
- CEI EN 61000-2-4 (CEI 110-27) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31) 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 61000-3-3 (CEI 110-28) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-3: Limiti – Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione;
- CEI EN 61000-3-12 (CEI 210-81) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso $> 16\text{ A}$ e $\leq 75\text{ A}$ per fase;
- CEI EN 61000-6-1 (CEI 210-64) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera;
- CEI EN 61000-6-2 (CEI 210-54) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali;
- CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche - Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera;
- CEI EN 61000-6-4 (CEI 210-66) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali.

3.15 Energia solare

- UNI 8477-1 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta;
- UNI EN ISO 9488 Energia solare – Vocabolario;
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici.

3.16 Sistemi di misura dell'energia elettrica

- CEI 13-4 Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- CEI EN 62052-11 (CEI 13-42) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Parte 11: Apparato di misura;
- CEI EN 62053-11 (CEI 13-41) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 11: Contatori elettromeccanici per energia attiva (classe 0,5,1 e 2);
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 62053-22 (CEI 13-44) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 22: Contatori statici per energia attiva (classe 0,2 S e 0,5 S);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 50470-2 (CEI 13-53) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 2: Prescrizioni particolari - Contatori elettromeccanici per energia attiva (indici di classe A e B);
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62059-31-1 (13-56) Apparat per la misura dell'energia elettrica – Fidatezza Parte 31-1: Prove accelerate di affidabilità - Temperatura e umidità elevate.

4. COMPONENTI PRINCIPALI SISTEMA ELETTRICO

4.1. Descrizione generale

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) a 132 kV in doppia sbarra da inserire in entra-esce alle linee RTN a 132 kV "Schiappa - Imola RT" e "Colunga – Hera Selice", previo:

- realizzazione delle opere previste nell'intervento 326-P del Piano di Sviluppo Terna;
- potenziamento/rifacimento della linea RTN a 132 kV "Schiappa – Imola RT" e il superamento di eventuali elementi limitanti nelle CP interessate.

L'impianto per la connessione sarà costituito da:

- Un parco fotovoltaico da 58,56 MW nei comuni di Lugo e Massa Lombarda;
- Cavidotti MT 30 kV interrati per la connessione del parco fotovoltaico alla Sottostazione Utente;
- Una Sottostazione Utente a 132 kV con 1 stallo di trasformazione AT/MT ed uscita mediante linea in cavo;
- Cavidotto AT 132 kV interrato per la connessione fra la SSE Utente e la nuova SE Terna della lunghezza di circa 12 km;
- Uno stallo produttore a 132 kV in Stazione Terna che si configura come opera di rete per la connessione.

L'STMG prevede una richiesta di connessione per un impianto di generazione da fonte rinnovabile (fotovoltaica) da 64,68 MWp. La potenza totale in immissione richiesta ai fini della connessione alla RTN è di 58,56 MW.

4.2. Elettrodotti interrati

I collegamenti fra le varie opere avverranno per mezzo di elettrodotti interrati. Gli elettrodotti MT saranno direttamente interrati. In quanto la protezione meccanica, richiesta dalla norma CEI 11-17 per questo tipo di posa, verrà garantita dalla guaina maggio-rata mentre i cavi AAT saranno posati all'interno di corrugati IN PE a doppio strato 450 N. I cavidotti principali sono:

- Collegamento 30 kV del parco fotovoltaico con la sezione MT della SSE Utente;
- Collegamento 30 kV dei trasformatori 132/30 kV con la sezione MT della SSE Utente;
- Collegamento 132 kV fra la Sottostazione Utente e la nuova Stazione Elettrica Terna.

In caso di tragitto comune dei cavidotti MT, essi saranno posizionati nella medesima trincea ad una opportuna distanza. Il cliente ha formulato alcune richieste che dovranno essere tassativamente rispettate:

- Perdite all'interno dell'impianto: 1%;
- Perdite all'esterno dell'impianto: 3%;
- Perdite totali: 4%;
- Massima caduta di tensione: 5%.

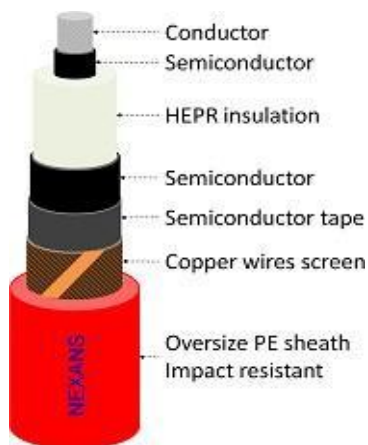
4.2.1. Caratteristiche tecniche comuni

4.2.1.1. Composizione tipica d'un elettrodotto in cavo

Per l'elettrodotto in cavo sono solitamente previsti i seguenti componenti:

- Conduttori di energia;
- Giunti;
- Terminali;
- Cassette di sezionamento;
- Cassette unipolari di messa a terra;
- Termosonde;
- Sistema di telecomunicazioni.

4.2.1.2. Conduttore di Energia



Il cavo MT impiegato nel progetto in esame è lo ARG7H1E(X) 18/30(36)kV SK1-105 (SHOCKPROOF 1) il quale ha due importanti caratteristiche:

- 1) Grazie alla guaina esterna maggiorata in PE permette una posa direttamente interrata senza armatura o l'adozione di opere aggiuntive come previsto dalla norma CEI 11-17;
- 2) La temperatura di impiego estesa fino a 105 °C permette un range di impiego più ampio e quindi la possibilità di trasportare una corrente maggiore in condizioni nominali.

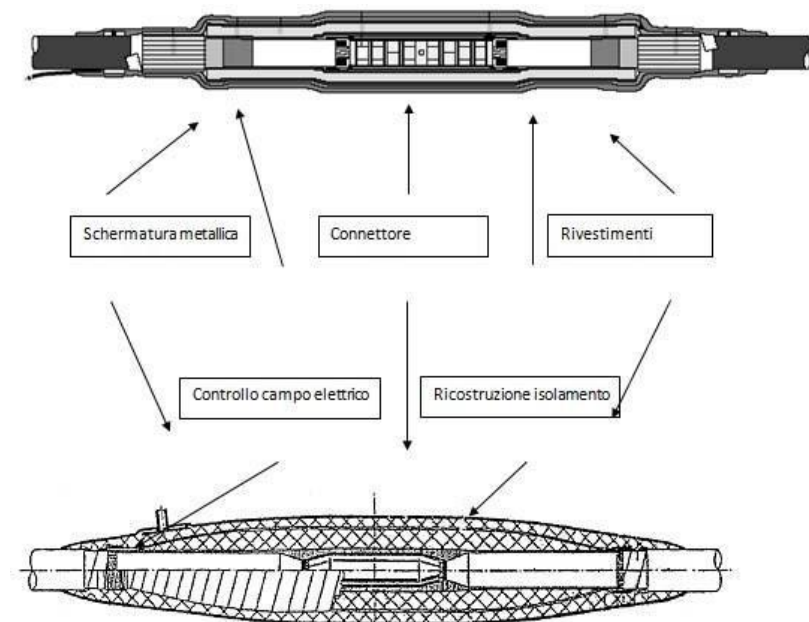
Figura 8: Conduttore MT in cavo

4.2.1.3. Giunzioni

Servono per collegare tra loro due pezzature contigue di cavo. Una giunzione MT è generalmente costituita da:

- una connessione metallica dei conduttori (connettore); un elemento di controllo del campo elettrico;
- uno o più elementi di ricostruzione dell'isolamento;
- schermatura metallica con relativo ripristino della continuità degli schermi dei cavi;
- rivestimenti esterni (per la protezione meccanica ed il tamponamento nei confronti dell'umidità).

L'involucro esterno delle giunzioni deve essere realizzato con materiale resistente agli agenti presenti nel terreno; l'impiego di nastri, vernici, smalti o materie similari non è considerato sufficiente ad assicurare la protezione necessaria. L'involucro esterno deve risultare ermetico alle infiltrazioni che potrebbero verificarsi durante l'esercizio (acqua, umidità, ecc.). Inoltre, le giunzioni



devono essere realizzate in modo da impedire la migrazione longitudinale dell'acqua lungo gli schermi dei cavi.

Le principali tecnologie costruttive prevedono l'utilizzo di:

elementi preformati di materiale retraibile a caldo (termorestringente);
elementi preformati di materiale retraibile a freddo (autorestringente);
resina epossidica iniettata per la ricostruzione dell'isolamento.

La seguente figura riporta, a titolo di esempio, i principali elementi costituenti una giunzione per due differenti tipologie costruttive.

Figura 9: Principali elementi costituenti una giunzione

4.2.1.4. Terminali

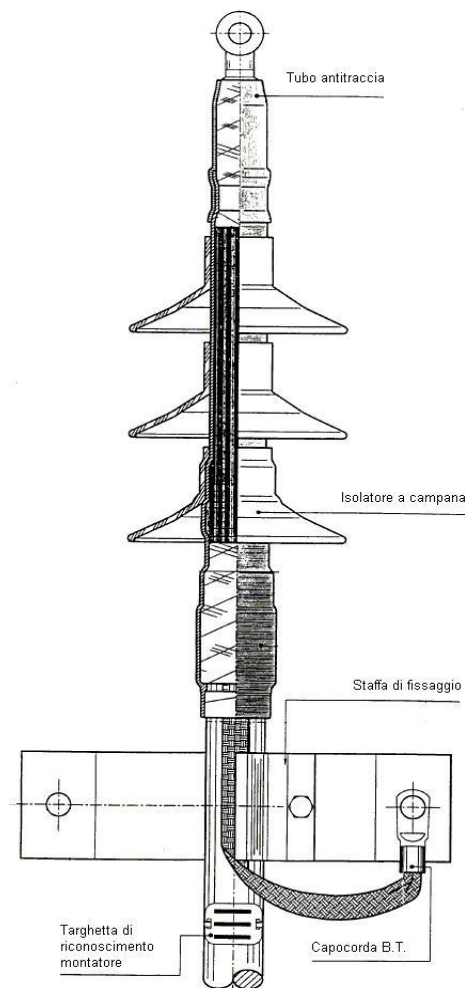
Costituiscono le estremità di una linea in cavo, nonché gli elementi che permettono la connessione alle altre apparecchiature elettriche. Le terminazioni devono generalmente consentire:

- la connessione del conduttore, mediante il capocorda;
- la sigillatura del cavo contro il possibile ingresso di acqua o umidità;
- il controllo della distribuzione del campo elettrico;
- il collegamento a terra dello schermo metallico del cavo;
- il fissaggio mediante idoneo dispositivo (staffa o flangia).

Dal punto di vista costruttivo, le metodologie per la ricostruzione dell'isolamento che venivano nel passato utilizzate per i cavi isolati in carta e che prevedevano il riempimento di un involucro (in vetro o porcellana) con resina o miscela isolante, sono state soppiantate, per i cavi estrusi, da quelle che prevedono l'utilizzo di elementi preformati di materiale retraibile a caldo (termorestringente) o a freddo (auto restringente).

Le superfici esterne delle terminazioni devono resistere alle sollecitazioni derivanti dalla presenza di umidità e di polvere che possono verificarsi nell'uso normale; inoltre deve essere assicurata la tenuta all'ingresso di umidità in corrispondenza delle sigillature e non si devono verificare ristagni d'acqua nelle normali condizioni d'installazione. I capicorda, non usualmente forniti dal costruttore delle terminazioni, dovranno essere adeguati al materiale ed alla sezione del conduttore del cavo.

Spesso, per conduttori in alluminio si ricorre a capicorda "bimetallici" con l'anima in alluminio e la parte di connessione esterna in rame. La compressione dei capicorda deve essere eseguita con gli stessi criteri già illustrati per le giunzioni.



4.3. TRASFORMATORE AT/MT

Technical characteristics		ITEM 009 A	
Applicable standard		IEC 60076	
Rated frequency	Hz	50	
Rated voltage ratio (no-load)	kV	150 ± 12 x 1,25% / 31	
Vector group		YNd11	
Cooling system		ONAN/ONAF	
Rated power	MVA	75/84	
No-load losses	kW	35,3	(IEC tol.)
Load losses	kW	279	(IEC tol.)
Short-circuit impedance	%	11,2	(IEC tol.)
Max ambient temperature	°C	40	
Top oil temperature rise	K	60	
Average winding temperature rise	K	65	
Hot-spot winding temperature rise	K	78	

Insulation levels		HV	HV-N	LV	LV-N
Full wave lightning impulse LI	kV	650	650	170	N/A
Applied voltage AV	kV	275	275	70	N/A

Bushing		HV	HV-N	LV	LV-N
Type		OIP Ceramic	OIP Ceramic	Solid oil/air Ceramic	N/A
Nominal Voltage (U _m)		170	170	36	N/A
Full wave lightning impulse LI	kV	≥ 650	≥ 650	170	N/A
Current	A	≥ 800	≥ 800	≥ 2000	N/A

Weights and Dimensions (approximate values)		
Oil weight	kg	24 500
Total weight	kg	100 000
Total dimensions (L x W x H)	m	7,5 x 5,0 x 6,0

5. COMPONENTI PRINCIPALI SISTEMA ELETTRICO

5.1 Allestimento cantiere

Le aree destinate ai baraccamenti e al deposito dei materiali saranno opportunamente recintate sia per evitare intrusioni sia per limitare i rischi per la sicurezza. L'altezza della recinzione dovrà essere di almeno 2 m.

Per il trasporto dei materiali e delle attrezzature (sia all'interno del Deposito sia fino alle distinte sezioni dell'Impianto) si prevede l'utilizzo di mezzi tipo furgoni e cassonetti: si precisa che, compatibilmente con quanto previsto dal cronoprogramma di costruzione che verrà elaborato dall'Appaltatore in fase di progettazione esecutiva, nell'area preposta per il deposito verrà stoccata una quantità di materiale strettamente necessaria alla lavorazione giornaliera prevista.

A servizio degli addetti alle lavorazioni saranno previsti idonei baraccamenti, da dimensionare e attrezzare tenendo conto del numero massimo di lavoratori contemporaneamente presenti in cantiere. In aggiunta, in funzione dei picchi di presenza in cantiere di lavoratori, potrebbero essere predisposti dei wc chimici.

5.2 Scavi e movimenti terra

Le attività previste in merito agli scavi e alla movimentazione delle terre si possono riassumere nelle seguenti voci:

- Realizzazione scavi per fondazioni delle cabine: la fondazione dei cabinati sarà del tipo a platea in calcestruzzo armato su fondo di magrone. La fondazione, da realizzarsi con getto in opera della platea e successiva posa della vasca prefabbricata, sarà parzialmente interrata e la sua esecuzione in opera prevede la rimozione dello strato superficiale di terreno vegetale per garantire una maggiore stabilità dell'opera.
- Realizzazione scavi per fondazioni dei cancelli di accesso e recinzione: la fondazione dei cancelli di accesso sarà realizzata a mezzo di getto in opera su fondo di magrone, ad idonea profondità di scavo. La recinzione sarà sostenuta da montanti infissi direttamente nel terreno.
- Realizzazione cavidotti interrati: i cavidotti interrati richiederanno la realizzazione di scavi a sezione rettangolare in funzione della tipologia di cavi previsti (BT e/o MT + segnale). Le trincee verranno immediatamente richiuse successivamente alla posa dei tubi passacavi o dei cavi, ove interrati direttamente, con il materiale di risulta e ricompattate.

Tutto il materiale derivante dagli scavi verrà gestito in accordo alla normativa vigente (D.P.R. 120/17 e D.Lgs. 152/06).

5.3 Recinzione

A delimitazione delle aree di installazione è prevista la realizzazione di una recinzione perimetrale costituita da rete metallica a pali infissi nel terreno.

La recinzione sarà costituita da pannelli rigidi in rete elettrosaldata (di altezza pari a 2 m) costituita da tondini in acciaio zincato e nervature orizzontali di supporto. Gli elementi della recinzione avranno verniciatura con resine poliestere di colore verde muschio.

5.4 Cancelli di accesso

È prevista l'installazione di n°1 cancello carrabili e pedonale in funzione delle varie aree identificate dal progetto e dell'effettiva fruizione delle diverse aree d'impianto.

Per quanto riguarda la parte carrabile, il cancello prevedrà un'anta con sezione di passaggio pari ad almeno 4 m di larghezza e 2 m di altezza scorrevole.

L'accesso pedonale prevedrà una sola anta di larghezza minima di almeno 0,8 m e altezza 2m. I montanti saranno realizzati con profilati metallici a sezione quadrata almeno 175 x 175 mm e dovranno essere marcati CE.

Il tamponamento sarà conforme alla tipologia di recinzione utilizzata e la serratura sarà di tipo manuale. Il materiale dovrà essere acciaio rifinito mediante zincatura a caldo.

5.5 Cabine elettriche

Le cabine elettriche saranno del tipo prefabbricato in cemento armato vibrato o messe in opera con pannelli prefabbricati, comprensive di vasca di fondazione prefabbricata in c.a.v. o messe in opera in cemento ciclopico o cemento armato con maglie elettrosaldate, con porta di accesso e griglie di aereazione in vetroresina, impianto elettrico di illuminazione, copertura impermeabilizzata con guaina bituminosa e rete di messa a terra interna ed esterna.

Il manufatto dovrà presentare una notevole rigidità strutturale ed una grande resistenza agli agenti esterni atmosferici che lo renderanno adatto all'uso anche in ambienti con atmosfera inquinata ed aggressiva.

L'armatura interna della cabina sarà totalmente collegata elettricamente, dovrà creare una vera gabbia di Faraday tale da proteggere tutto il sistema da sovratensioni atmosferiche limitando inoltre, a valori trascurabili, gli effetti delle tensioni di passo e di contatto.

L'armatura metallica sarà costituita da acciaio e rete elettrosaldata tipo Feb 44k c. (kg/cmq. > 2600).

Le pareti esterne dovranno essere trattate con un rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che garantiscono il perfetto ancoraggio sul manufatto, inalterabilità del colore e stabilità agli sbalzi di temperatura.

6 COLLAUDO E SPECIFICHE PRESTAZIONALI D'IMPIANTO

6.1 Collaudo

Ad installazione avvenuta, verranno effettuate delle prove di collaudo in accordo alla normativa vigente IEC/EN62446 e, nello specifico, si prevede quanto segue:

- Verifica di sicurezza: si esegue la misura di continuità dei conduttori di protezione e delle relative connessioni e la misura della resistenza di isolamento dei conduttori attivi di un modulo o di un intero campo fotovoltaico (IEC/EN62446), senza la necessità di utilizzare un interruttore esterno per porre in cortocircuito i terminali positivo e negativo.
- Verifica della funzionalità: è la verifica della funzionalità dei collegamenti e delle stringhe di un campo fotovoltaico (IEC/EN62446) misurando la tensione a vuoto e la corrente di cortocircuito alle condizioni operative e riferite alle condizioni standard ('STC'), fornendo esito immediato inerente alla misura appena effettuata, sia in termini assoluti sia per comparazione con le stringhe precedentemente testate;
- Verifica delle prestazioni: si effettua l'analisi delle prestazioni del campo fotovoltaico nelle condizioni di esercizio, fornendo una indicazione della potenza generata e del rendimento del campo stesso secondo quanto indicato dalla normativa di riferimento.

La prova di collaudo di un impianto fotovoltaico rappresenta una delle attività più importanti nel percorso di realizzazione dell'opera, in quanto un'accurata ispezione permette di individuare piccoli difetti che le impegnative condizioni di esercizio farebbero sicuramente ingigantire con il trascorrere del tempo.

Per eseguire prove di collaudo verrà utilizzato uno strumento utile alla realizzazione dei controlli di efficienza in accordo alle prescrizioni della guida CEI 82-25 e per l'esecuzione di test sulle caratteristiche I-V nei moduli/stringhe fotovoltaici. In questo modo è possibile individuare e risolvere problemi legati ad eventuali bassi valori di efficienza degli impianti.

Il collaudo, inoltre, prevederà una verifica di funzionamento continuativo per un periodo tempo limitato (tipicamente 5-10 giorni) al termine del quale si verificheranno le prestazioni dell'impianto.

6.2 Valutazione delle prestazioni

La verifica prestazionale dell'impianto in fase di avvio verrà effettuata in termini di energia valutando l'indice di prestazione ('Performance Ratio' o 'PR'), corretto in temperatura).

Il PR evidenzia l'effetto complessivo delle perdite sull'energia generata in corrente alternata dall'impianto fotovoltaico, dovute allo sfruttamento incompleto della radiazione solare, al rendimento di conversione dell'inverter e alle inefficienze o guasti dei componenti (inclusi il disaccoppiamento fra le stringhe e gli eventuali ombreggiamenti sui moduli). In analogia a quanto indicato nella Norma CEI EN 61724, espresso come nell'equazione, si definisce il PR come segue:

$$PR = \frac{\text{Energia Misurata}}{\text{Energia Teorica}}$$

e, più in dettaglio, come:

$$PR = \left(\frac{\text{Energia Misurata [kWh]} \times 1 \left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right]}{\text{Irraggiamento Misurato} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right] \times \text{Potenza di Picco [kWp]}} \right)$$

dove:

- Energia Misurata, è l'energia generata come misurata al contatore;
- Energia Teorica, è l'energia teoricamente generabile in condizioni ideali dall'impianto dato l'Irraggiamento Misurato e la Potenza di Picco installata;
- Irraggiamento Misurato, è l'irraggiamento effettivamente misurato sul piano dei moduli dai dispositivi di rilevamento dell'irraggiamento installati sull'impianto. Il parametro verrà essere corretto in base alla reale temperatura misurata sui moduli.

6.3 Misure dell'irraggiamento solare e della temperatura di lavoro dei moduli

Ai fini della verifica del PR, la misura dell'irraggiamento solare sul piano dei moduli sarà effettuata in modo che il valore ottenuto risulti rappresentativo dell'irraggiamento sull'intero impianto o sulla sezione d'impianto in esame.

In questo caso, sarà opportuno misurare contemporaneamente l'irraggiamento con più sensori adeguatamente dislocati su tutta l'area di installazione (indicativamente uno ogni 20.000 m²) e assumere la media delle misurazioni attendibili come valore di riferimento.

La misura sarà effettuata con un sensore solare (o solarimetro) che può adottare differenti principi di funzionamento. A questo scopo, sono usualmente utilizzati il solarimetro a termopila (o piranometro) e il solarimetro ad effetto fotovoltaico (chiamato anche PV reference solar device, si veda la Norma CEI EN 60904- 4).

Il solarimetro sarà posizionato in condizioni di non ombreggiamento dagli ostacoli vicini.

La temperatura della cella fotovoltaica T_{cel} sarà determinata mediante uno dei seguenti metodi:

- misura diretta con un sensore a contatto (termoresistivo o a termocoppia) applicato sul retro del modulo;
- misura della tensione a vuoto del modulo e calcolo della corrispondente T_{cel} secondo la Norma CEI EN 60904-5;
- misura della temperatura ambiente T_{amb} e calcolo della corrispondente T_{cel} secondo la formula: $T_{cel} = T_{amb} + (NOCT - 20) * G_p / 800$

La misura della temperatura della cella fotovoltaica T_{ce} verrà effettuata con un sensore con incertezza tipo non superiore a 1°C.

Il Tecnico

Ing. Agide Maria Borelli